

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE BELLAS ARTES**



**TESIS DOCTORAL**

**Impacto de la tecnología digital en el currículo de Artes  
Visuales en la Educación Secundaria Obligatoria**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

**María Altamira Sáez Lacave**

DIRECTORA

**Noelia Antúñez del Cerro**

Madrid

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE BELLAS ARTES**



**TESIS DOCTORAL**

**Impacto de la tecnología digital en el currículo de Artes Visuales en la Educación  
Secundaria Obligatoria**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

María Altamira Sáez Lacave

DIRECTOR

Noelia Antúñez del Cerro

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE BELLAS ARTES**



**TESIS DOCTORAL**

**Impacto de la tecnología digital en el currículo de Artes Visuales en la Educación  
Secundaria Obligatoria**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

María Altamira Sáez Lacave

DIRECTOR

Noelia Antúñez del Cerro

# Agradecimientos

Son muchas las personas que con su consejo, apoyo, debate, ejemplo, instrucción, ayuda y comprensión han sido parte del trabajo que aquí presento. El apoyo cotidiano de mi familia en las muchas horas que respetaron mis tiempos de trabajo y estados de ánimo, confiando en mi capacidad y acompañándome en mis empeños, ha sido fundamental. No habría conseguido sacar adelante la investigación sin la ayuda de Javier Pascau, que me ha prestado su experto conocimiento de los métodos, tiempos, maneras y saber hacer en el campo académico además de su apoyo incondicional desde que nos conocimos. Que Evan Balaban escuchase mis ideas y me orientase en cuanto al diseño experimental, y más tarde participara en la fase de análisis estadístico de los datos es para mí un privilegio, como ha sido cada ocasión de compartir con él y María su tiempo desde que somos amigos. Ni siquiera habría comenzado este empeño de no ser por la indicación que en este sentido me hizo Enrique Domínguez Perela, tras escuchar siempre con cariño mis diatribas existenciales, y que fue a ponerme frente a Noelia Antúnez del Cerro, directora amable y capaz con quien se ha hecho posible llegar al final de estas páginas tres años más tarde.





# Índice

<b>CAPITULO 1</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS DOCTORAL</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIONES</b>	<b>5</b>
1.2.1	Trayectoria personal	11
1.2.2	Interés y originalidad del tema elegido	13
<b>1.3</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>17</b>
<b>1.4</b>	<b>ANTECEDENTES Y CONTEXTO</b>	<b>18</b>
<b>1.5</b>	<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>24</b>
1.5.1	Objetivos generales	24
1.5.2	Objetivos específicos	24
<b>1.6</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>25</b>
1.6.1	Paradigmas de la investigación	25
1.6.2	Fases e instrumentos de la investigación	28
<b>1.7</b>	<b>RESUMEN DEL CAPÍTULO</b>	<b>35</b>
<b>CAPITULO 2</b>	<b>IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN EL CURRÍCULO DE ARTES VISUALES EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA</b>	<b>37</b>
<b>2.1</b>	<b>CONTEXTO HISTÓRICO</b>	<b>39</b>
2.1.1	Reforma educativa y tecnologías digitales	39
2.1.2	Geometría digital, recorrido histórico	48
2.1.3	Geometría digital en la investigación educativa	61
2.1.4	El currículo artístico en la ESO, recorrido histórico	65
<b>2.2</b>	<b>TENDENCIAS GLOBALES Y LOCALES EN EDUCACIÓN</b>	<b>85</b>
2.2.1	De la alfabetización mediática a la alfabetización digital	85
2.2.2	La globalización de la investigación educativa	92
2.2.3	Europa, España, Madrid	99

<b>2.3 RESUMEN DEL CAPÍTULO</b>	<b>104</b>
<b>CAPITULO 3 FASE EXPERIMENTAL</b>	<b>101</b>
<b>3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>103</b>
3.1.1 Objetivos del diseño experimental	103
3.1.2 Unidades didácticas	104
3.1.3 Muestra	156
3.1.4 Instrumentos de recogida de datos y medidas realizadas	157
3.1.5 Análisis de datos	163
3.1.6 Resultados	166
3.1.7 Análisis y Discusión	173
<b>3.2 RESUMEN DEL CAPÍTULO</b>	<b>175</b>
<b>CAPITULO 4 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>177</b>
<b>4.1 CONCLUSIONES</b>	<b>179</b>
4.1.1 Conocido previamente y reafirmado:	180
4.1.2 Hallazgos	181
4.1.3 Usos	182
<b>4.2 RECOMENDACIONES</b>	<b>185</b>
4.2.1 A los legisladores	185
4.2.2 A las administraciones educativas	186
4.2.3 A los docentes	186
<b>4.3 FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>188</b>
<b>4.4 RESUMEN DEL CAPÍTULO</b>	<b>190</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>191</b>
CATALOGOS DE DOCUMENTACIÓN	191
REFERENCIAS	192
<b>ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS</b>	<b>219</b>

<b>ANEXOS</b>	<b>221</b>
Anexo 1: formulario de la encuesta final	222
Anexo 2: formulario de la encuesta de satisfacción	231
Anexo 3: formulario de participación	236
Anexo4: Dibujos recibidos como respuesta durante la fase experimental	238
 <b>RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL</b>	 <b>275</b>
Impacto de la tecnología digital en el currículo de Artes Visuales en la Educación Secundaria Obligatoria	275
 <b>ABSTRACT</b>	 <b>278</b>
Impact of digital technology on the Visual Arts curriculum in Compulsory Secondary Education	278



# **CAPITULO 1      INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS DOCTORAL**



## 1.1 INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas asistimos a un panorama en constante cambio tecnológico, social y cultural, que a un ritmo cada vez más trepidante nos obliga a actualizar nuestros hábitos y conocimientos para mantenernos al tanto de las posibilidades que se abren con la revolución digital. Los cambios son de todo orden, afectando tanto a paradigmas fundamentales en la comprensión de la naturaleza del ser humano con nuevos modelos sobre el origen del lenguaje o el funcionamiento de la mente y la consciencia, pasando por fenómenos económicos de gran alcance como la globalización, el procomún, la economía colaborativa, el fintech y la robotización del mercado laboral como consecuencia del desarrollo de la Inteligencia Artificial, llegando también a las tareas cotidianas y los hábitos que conforman nuestras rutinas, a las tradiciones y las instituciones.

La educación no es sin embargo una actividad que se lleve a cabo a ese trepidante ritmo. Exceptuando las instrucciones de emergencia para situaciones de gran urgencia, en ámbitos militares generalmente, cuando hablamos de educación estamos generalmente pensando en un proceso largo, lento, institucionalizado, orientado hacia algún momento del futuro en el que se requerirán saberes y competencias largamente asentadas como entrada a contextos sociales especializados en los que integrarse y ser aceptado. Al menos así ha sido en los últimos 100 años, siendo el siglo XX característico por los medios de producción, comunicación y educación de masas como soluciones de escala en todos los ámbitos de convivencia y organización social en respuesta al vertiginoso aumento de la población mundial.

En un segundo tiempo, tras el incremento de la población, se suma el efecto de la longevidad de esta, en un desarrollo demográfico inédito que imprime en nuestras sociedades ritmos y equilibrios generacionales por descubrir y de los que la educación es parte fundamental.

En parte es este contraste agudo entre el carácter conservador de la transmisión de conocimientos y tradiciones y el crescendo constante del cambio cultural lo que nos lleva con cierto vértigo a veredictos de crisis, disrupción e incertidumbre. Cuando la obsolescencia de los métodos se sucede a gran velocidad se corre el riesgo de perder por el camino aquello que tratábamos de transmitir, de que la marea de innovaciones nos deje una resaca de confusión. En



la escuela, entendida como parte del sector público desarrollado en las sociedades del bienestar surgidas tras la Segunda Guerra Mundial, la inercia institucional se ve cuestionada por el cambio cultural, generando confusión y oportunidades para la búsqueda de ganancias a corto plazo por parte de intereses mercantilistas. Resulta necesario innovar y adaptarse desde la experiencia y profesionalidad de la comunidad educativa. Discernir el enfoque adecuado al que dirigir los esfuerzos manteniendo el equilibrio entre la necesidad de adaptación y la conservación de los saberes acumulados es una tarea que desde las instituciones educativas hemos de afrontar con las herramientas que nos son propias: trabajo con rigor académico, en una comunidad de investigadores y docentes integrados en las instituciones, desde los valores de servicio público y conocimiento común que cimentan la Universidad.

En este trabajo que presentamos nos proponemos discernir los cambios relevantes, valorar el impacto sobre nuestra actividad docente, proponer innovaciones pertinentes y recomendar vías de acción posibles, a la luz del conocimiento que un estudio detenido y riguroso puede aportar. Nos centramos en el área concreta de la enseñanza de la geometría y el dibujo en la educación secundaria tal y como se lleva a cabo en las aulas en la actualidad, y en el contexto institucional, económico, político y profesional que conforman este momento del cambio tecnológico al que asistimos.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN Y MOTIVACIONES

En el siglo XX los sistemas educativos han evolucionado adoptando soluciones de escala semejantes a las que se adoptaban en industria, medios de comunicación o logística: grandes grupos de distribución/producción de bienes o labores ordenados geográficamente. Los alumnos se organizan en grupos de edad y siguen un ritmo institucionalizado de aprendizaje que culmina en una acreditación estatal. Este esquema de organización social con sus perjuicios y beneficios respondía a las posibilidades materiales de las tecnologías disponibles. El aumento de población que desde la llamada segunda transición demográfica (Van De Kaa, 1987) crece a un ritmo mucho mayor y con unas características particulares muy significativas requerían y validaron las soluciones de escala. Sin embargo, si el siglo XX está caracterizado por la escala en el comienzo del XXI el concepto clave es el de alcance. Lo que venimos llamando de manera general la globalización, que es un fenómeno observado y estudiado en muchos ámbitos y publicaciones desde la obra seminal de comienzo de siglo (Castells, 2001) y que conforma un complejo panorama de cambios propiciado por cambios tecnológicos concretos, es entre otras cosas, un cambio en el alcance de la interacción humana.

El principal factor de cambio ha sido y es, en todas las actividades humanas, internet. Desde su comienzo como embrión tecnológico en los años 60 pasando por su estandarización como World Wide Web en los 90 hasta su actual estimación acercándose a los 4000 millones de usuarios (International Telecommunication Unit, 2019), esta tecnología tiene repercusiones de gran importancia en todas las áreas de la actividad humana. Ver el software como una tecnología blanda similar a la invención de la escritura o del dinero nos ayuda a valorar la profundidad y escala de los cambios que introduce en nuestro devenir, y a comprender por qué “el software se está comiendo el mundo” (Andreessen, 2011). Internet ha sido la palanca del cambio que ha generalizado el uso de software y tecnología digital en todos los ámbitos y actividades humanas, las artes plásticas y la educación incluidas.

En el ámbito de la educación hemos asistido a varias olas de escalabilidad, alcance y mediación de la instrucción que incorporan las características propias de la red: aulas virtuales, academias

de recursos online, cursos online abiertos y masivos (MOOC), el movimiento “*Flipped Classroom*”<sup>1</sup>, la corrección automatizada de los ejercicios de redacción en los exámenes estandarizados en EEUU, la gamificación y el trabajo por proyectos, y pronto asistiremos a la nueva ola de software adaptativo y al desarrollo de la realidad virtual, desatando las posibilidades pedagógicas de las simulaciones realistas, de la gestión masiva de datos, el *blockchain*<sup>2</sup> o la Inteligencia Artificial. La tendencia no es de momento hacia la estabilidad. Con ser los más evidentes, estos cambios son tan sólo parte del terremoto desencadenado sobre la educación. Al impacto de internet en el acceso al conocimiento, con repercusión específica en el rol social del profesor (Fernández Enguita, 2016) hay que añadir el impacto de las nuevas tecnologías en nuestras instituciones educativas en sus tres vertientes diferenciadas e interconectadas: tecnología para administrar sistemas educativos (página web del centro, sistema de control de asistencia, etc.); tecnología para enseñar y dar apoyo a las tareas de los profesores (pizarras digitales, software específico de gestión de tabletas, aulas virtuales) y tecnología para dar apoyo a las tareas de los alumnos, para aprender y manejar disciplinas (editores de texto, editores de gráficos, hojas de cálculo, editores de código, bases de datos) (Zhao y Frank, 2003). En cada uno de estos aspectos se suceden innovaciones que repercuten en nuevas posibilidades, maneras y desarrollos que evolucionan sin un plan rector, según azar y necesidad se contextualizan localmente. Así, la adopción de estas tecnologías ha sido heterogénea, dependiendo de la accesibilidad y el coste de los recursos necesarios y de las tendencias en las administraciones y los mercados. En el caso de los softwares para aprender, que podría pensarse como el más básico y esencial para la función de la escuela de las tres categorías enunciadas, ha pesado en su contra la enorme inversión que requieren y la subsiguiente dificultad para dotar a las escuelas con los medios necesarios. Sólo cuando las

---

<sup>1</sup> “*Flipped Classroom*” se suele traducir por “Clase invertida” en español y es un modelo pedagógico que reparte los tiempos y tareas de la instrucción entre el aula y el hogar de manera que se promueva el trabajo en equipo en el aula y el trabajo autónomo del estudiante en el hogar.

<sup>2</sup> Blockchain es una aplicación de la criptografía a las transacciones digitales que en el campo de la educación tiene aplicaciones en acreditación y evaluación.

propuestas BYOD (Bring your own device)<sup>3</sup> pueden empezar a plantearse se esquivan en cierta medida los problemas que la brecha digital y la brecha generacional plantean, aunque sea esta una solución parche, que no resuelve sino que mitiga los problemas de inversión necesaria.

El cambio social y tecnológico tiene un ritmo trepidante que nuestras instituciones no están preparadas para asumir. Con raíces medievales aún visibles en currículos y jerarquías y una historia reciente ligada a la formación de las naciones estado, las inercias de funcionamiento y pervivencia que arrastran nuestras escuelas - de todos los niveles - no permiten una transición suave hacia modelos nuevos centrados en el alcance, la optatividad, la personalización y la autonomía de los alumnos. Donald Clark ha recopilado en su blog desde 2006 todo tipo de reflexiones desde la práctica y la teoría de la educación en relación con el cambio tecnológico, este párrafo de su experiencia en WISE 2011<sup>4</sup> nos da un diagnóstico informado:

*“Education’s a slow learner. It may be more accurate to say that education has learning difficulties. The system is fixed, fossilized and, above all, institutionalized, so the rate of change is glacial. People are, by and large, trapped in the mindset of their institution and horizontal sector. In truth, small pools of innovative practice are patchy and stand little chance of wide scale adoption.”*

[La educación es un alumno lento. Sería más conciso decir que la educación tiene dificultades de aprendizaje. El sistema es rígido, está fosilizado y, sobre todo, institucionalizado, por lo que el ritmo de cambio es glacial. Las personas están, muy de largo, atrapadas en el marco mental de su institución y la horizontalidad del sector. En

---

<sup>3</sup> Bring your own device (BYOD) se traduce en español por “trae tu propio dispositivo” y es una forma de organizar los recursos de manera que los dispositivos personales se utilizan para las tareas escolares o corporativas.

<sup>4</sup> WISE es el acrónimo de World Innovation Summit for Education, en español se traduce por Cumbre mundial de innovación en educación. Es una convocatoria anual de la Qatar Foundation desde 2009.

el mundo real, los casos aislados de prácticas innovadoras están dispersos y tienen pocas posibilidades de ser adoptados a larga escala.] (Clark, 2011) Traducción de la autora.

Los cambios no son sólo de carácter tecnológico, ampliando aún más el punto de mira cabe hablar del impacto que los cambios sociales y políticos tienen en los sistemas educativos, con un debate de actualidad sobre lo público y lo privado en un marco globalizado. El debate en torno al papel que las instituciones transnacionales como la OCDE o el Banco Mundial adoptan en la arena educativa, las explicaciones de las crisis financieras como consecuencia de una élite extractiva sobre educada, la creciente desigualdad e incluso la emergencia climática son señales de una pérdida de equilibrio del sistema cultural del siglo XX. La sensación de crisis se acentúa por el interesado oportunismo de las dinámicas de mercado, la convergencia del capital con los avances técnicos y los correspondientes “enrarecimientos” de los sistemas de participación política sometidos a las mismas presiones sociales.

El estado de la cuestión es por tanto un fuego cruzado de impactos, en el que las iniciativas deben ponerse en valor a la luz de muchas variables con trasfondo social, cultural, económico e ideológico. El equilibrio social de la era industrial del que las escuelas han sido pieza y reflejo está en profundo cambio, y los nuevos equilibrios que se han de formar apuntan en direcciones que podemos solo vislumbrar. En el campo educativo es de esperar que los avances de las disciplinas cognitivas y de la psicología evolutiva promuevan cambios profundos a medida que amplían nuestra comprensión del especial carácter de la aguda altricialidad humana (Salmon y Shackelford, 2007), de la inversión parental (Trivers, 2017), de la competencia generacional (Trivers, 1974) y de otros muchos aspectos evolutivos en nuestra especie. El trabajo de investigadores que tratan de aplicar y transmitir los nuevos conocimientos a la práctica educativa, con planteamientos complejos que tienen en cuenta los muy diversos factores involucrados en este aspecto de la sociedad humana pueden encontrarse en iniciativas como *The Evolution Institute* (The Evolution Institute, 2020) o en la obra de educación aplicada de Fernando Reimers (Reimers y McGinn, 1997).

Ante el continuo cambio cultural y tecnológico y los muchos aspectos afectados resulta difícil acotar fenómenos cuyo estudio nos permita llegar a conclusiones y elaborar recomendaciones.

Es un reto que requiere tanto trabajo sobre el terreno y conocimiento de las instituciones como visión global y modelos humanísticos actualizados. Una atención a las publicaciones informadas de carácter científico de la educación comparada, un esfuerzo en la transmisión del conocimiento investigador a la práctica educativa y la capacidad para aportar recomendaciones pertinentes están en la raíz justificativa del presente trabajo. La creciente disonancia entre el campo profesional y el currículo institucional en cuanto a las técnicas de producción de imagen nos proporciona un entorno acotado en el que medir factores y variables, en el que validar o refutar hipótesis. Desde un acercamiento cándido y desprejuiciado en busca de los motivos de estas disonancias encontramos varias explicaciones de circulación común: o bien se culpa a los docentes de frenar los cambios con inercias acomodaticias, o a las administraciones de asfixiar la innovación en las escuelas con austeridad presupuestaria, o a la sociedad envejecida de no demandar mejoras o actualizaciones educativas por falta de empatía generacional, o al mercado oportunista de monetizar las materias tecnológicas como productos de consumo o de lujo, o a la especie entera de ser inevitablemente lenta por naturaleza en su capacidad para el cambio social y de requerir situaciones de crisis acuciantes para reaccionar. Entre todas ellas hay un solo consenso: los alumnos son los menos “culpables” y es nuestra obligación y responsabilidad como comunidad educativa responder ante ellos con nuestra mejor guía. Esta responsabilidad hacia los alumnos es sin duda base de la motivación y justificación desde la que se aborda este trabajo de investigación.

En este marco nos acercamos a la situación concreta de la enseñanza de la asignatura de Educación Plástica y Visual en la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Madrid para buscar datos empíricos que nos ayuden a discernir el motivo de la disonancia entre la realidad profesional y el currículo institucional en cuanto a las técnicas de producción de imagen y geometría actuales y las posibles acciones a tomar para que la disonancia desaparezca. ¿Qué ha pasado para que la brecha entre lo enseñado en la escuela y lo necesario para incorporarse a un equipo de trabajo en el campo de la expresión plástica se haya abierto más allá de lo salvable?

En el ámbito de las artes plásticas la transformación digital no ha sido menos turbulenta que la descrita en la escuela. La creación, manipulación, difusión y consumo de imágenes e interfaces

visuales ha cambiado de manera profunda en las últimas décadas, trayendo consigo debates sobre conceptos como la autoría, la propiedad intelectual, la privacidad, la creatividad y el papel de las artes en la enseñanza. Centrándonos en la práctica, podemos observar que en las artes plásticas los campos profesional y educativo se han separado a pasos agigantados principalmente por la diferencia de ritmo a que evolucionan las instituciones educativas y los usos profesionales. Desde que los primeros editores de gráficos vectoriales se comercializaran en los 80, seguidos rápidamente por los editores de gráficos de mapa de bits, el uso profesional de estos softwares se ha generalizado. Los contextos sociales especializados en los que nuestros alumnos habrán de integrarse en el futuro incluirán con toda seguridad software, en el campo de las imágenes podemos asegurar que serán softwares de la familia de los editores vectorial y de mapa de bits que hoy se utilizan en todas las áreas del tratamiento de imagen, o al menos nada parece indicar lo contrario. El uso de estos softwares es instrumental, como lo fuera en su momento el compás, la escuadra o el cartabón, pero es además instrumental en competencias digitales que van desde la navegación hasta la programación por el carácter de bloque constructivo que la imagen digital y la geometría digital tienen en el universo de la codificación digital del mundo. Sin embargo entre las competencias clave del currículo LOMCE (INTEF, 2017) el peso de la tradición sigue haciendo de la imagen un subapartado de las competencias culturales generales, insistiendo en la instrumentalidad de la lengua y las matemáticas e incidiendo en esquemas heredados de las sociedades del papel. Los conceptos fundamentales de color, resolución y geometría son piedras de toque en la producción digital de imágenes y objetos, su formulación adaptada a las técnicas digitales es necesaria para abrir las puertas de la creatividad en este medio. En este estudio nos centramos en la geometría y en los editores de gráficos vectoriales, sin que ello signifique que la edición de imagen de mapa de bits, el color y la resolución sean aspectos superados o integrados.

Proponemos con este trabajo de investigación una reflexión sobre la necesaria respuesta a los cambios que las tecnologías digitales han introducido en las disciplinas que enseñamos, en las escuelas que administramos y en el futuro en el que nuestros alumnos habrán de integrarse. Esperamos poder ofrecer respuestas adaptadas a los contextos locales de nuestras escuelas, docentes y alumnos que posibiliten la transformación digital de la manera más beneficiosa posible, potenciando el talento y aumentando las oportunidades para una vida plena.

### 1.2.1 Trayectoria personal

En Junio de 1998 obtuve la licenciatura en Bellas Artes, en la especialidad de Escultura. No era en ese momento la vocación docente dominante en mí, sino una cierta frustración con lo que yo percibía como una falta de actualización tecnológica en los contenidos recibidos durante los cinco años invertidos en mi formación académica. Con la intención de suplir esta carencia busqué opciones que me permitieran incorporar habilidades tecnológicas en mi campo de conocimiento y un contacto con la actividad de producción de imágenes en la sociedad en la que me incorporaba como profesional. De esta manera me incorporé a una productora de canales temáticos para televisión y cursé 500 horas de especialización en el uso de uno de los programas de modelado, renderizado y animación en tres dimensiones más extendidos en el campo profesional, Maya, entonces de la casa Alias/Wavefront.

En los años que trabajé como infografista free-lance en la producción de gráficos para cine y televisión tuve la oportunidad de aplicar y desarrollar las capacidades adquiridas tanto en la licenciatura como en los cursos de formación no formal. Con el acceso a internet, en mi caso a partir del año 2001 en que pude contratar conexión por primera vez, tuve acceso a fuentes de conocimiento remotas y la posibilidad de guiar mi formación de manera autónoma. Este camino de conocimiento ha guiado desde entonces mi labor profesional.

En el año 2006 fui nombrada Funcionario de carrera del Cuerpo de Profesores de Secundaria tras aprobar las oposiciones. Esta decisión seguía sin estar guiada por la vocación docente, puesto que, a pesar de haber tenido la oportunidad de ejercer como profesora en el Máster Universitario de Diseño Gráfico en la Comunicación de la Universidad Francisco de Vitoria, y como monitora en los cursos de formación para el empleo del desaparecido Instituto Madrileño para el Empleo y la Formación, IMEFE, mi decisión de convertirme en profesora de secundaria tenía raíces estrictamente familiares. En Mayo de 2004 nació mi hijo mayor, trayendo con él lecciones ineludibles sobre las necesidades que impone la crianza respecto de horarios, conciliación y estilo de vida.



Como profesora de secundaria de la asignatura de Educación Plástica y Visual, o los sucesivos cambios de nombre de la asignatura que en la administración siguen llamando “Dibujo”, tuve la oportunidad de reflexionar e interpretar el currículo de artes en Secundaria y Bachillerato y de experimentar en carnes propias varias reformas educativas. Durante los seis cursos que ejercí como profesora tuve dos destinos, los cinco primeros años en el IES San Isidro en el centro de Madrid, que por pertenecer al proyecto de Institutos Tecnológicos de Comunidad de Madrid me brindó la oportunidad de formarme en el uso de tecnologías en línea y digitales aplicadas a la docencia como las aulas virtuales, las pizarras digitales o los programas de producción de recursos interactivos como Exelearning. En este instituto se ofertaba la modalidad de Bachillerato Artístico, en la que enseñé la asignatura de Volumen durante varios cursos. El último año obtuve destino definitivo en el IES Ciudad de Jaén, en Orcasitas, en el que adquirí de primera mano experiencia sobre el efecto marginador que el programa bilingüe tiene sobre las aulas y la descorazonadora situación de los barrios más humildes de la ciudad.

Desde septiembre de 2014 y hasta Octubre de 2019 fui excedente de mi plaza como Funcionario de carrera, por motivos personales. En ese tiempo continué mi formación con la intención de dirigir mis conocimientos sobre geometría digital hacia el nuevo campo de aplicación de la fabricación digital. Elaborar objetos y no sólo imágenes comenzaba a ser posible con las aplicaciones de control numérico e impresión 3D promovidas por el movimiento maker<sup>5</sup>. En estos años tuve la oportunidad de vivir en Boston, corazón del movimiento Fablab<sup>6</sup>, y completar mi experiencia en este campo. La innovación docente a través de la incorporación de las nuevas tecnologías pasó a ser el centro de toda la actividad que desarrollé a mi vuelta a España,

---

<sup>5</sup> El Movimiento Maker surge en los años 90 en Estados Unidos alrededor de las posibilidades de las tecnologías de escritorio como escala personal de procesos anteriormente tan solo accesibles a escala industrial, así como las dinámicas culturales de la programación de código abierto aplicadas a la fabricación.

<sup>6</sup> Un Fablab es un laboratorio de Fabricación digital con vinculaciones sociales más que industriales. El primero aparece en el 2001 en el Centre for Bits and Atoms del Massachusetts Institute of Technology (MIT) dirigido por Neil Gershenfeld.

colaborando con la Universidad Carlos III de Madrid en un proyecto de Fablab para la Escuela Politécnica. Durante los tres cursos desde septiembre de 2016 a septiembre de 2019 he sido Profesora Especialista en la Escuela Superior de Diseño de Madrid, en el grado en Diseño de Producto, en la asignatura de Modelos y Prototipos, en la que la fabricación digital y la innovación docente es el núcleo de mi actividad. Desde octubre de 2019 mantengo estas mismas funciones en la Escuela Superior en comisión de servicios como funcionaria de carrera tras reingresar en el cuerpo.

El programa de doctorado en el que estoy matriculada desde septiembre de 2017 en el Área de Conocimiento Didáctica de la Expresión Plástica del Departamento de Escultura y Formación Artística con la inscripción y elaboración de esta tesis doctoral ha supuesto la posibilidad de contrastar y completar la base de conocimientos que mi experiencia y trayectoria personal han acumulado. La oportunidad de colaborar desde las instituciones académicas a la construcción del conocimiento formal y participar reflexionando sobre las posibles mejoras de los currículos de nuestra especialidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje ha sido un privilegio, una experiencia de aprendizaje valiosa y una fuente de motivación positiva en mi camino profesional.

### 1.2.2 Interés y originalidad del tema elegido

El cambio tecnológico y su impacto en la escuela es un tema habitual en la literatura especializada. Sin embargo, como explicaré más adelante, la aplicación concreta de gráficos vectoriales en la producción de imágenes y de geometría digital no ha sido tratada en profundidad de manera generalizada y solo muy recientemente ha recibido atención desde áreas relacionadas con la enseñanza superior del Diseño, la Arquitectura y algunas Ingenierías. Tampoco resulta escasa la atención en revistas y publicaciones de impacto a la historia de la adopción de las innovaciones tecnológicas en la escuela hasta el momento presente y los previsibles futuros que se pueden atisbar, buscando entender los mecanismos de adopción y las dinámicas sociales involucradas, temas a los que nos dedicaremos también en este trabajo, para comprobar que, de nuevo, en el campo concreto de la enseñanza de las artes queda relativamente desatendido. Adquirir una visión global que enmarque la complejidad de lo

ocurrido en los últimos años de cambios vertiginosos y profundos es una tarea comunitaria del conocimiento científico llena de retos. Resulta comprensible que entre tanta ebullición tecnológica no resulte fácil proponer caminos concretos a seguir para aportar beneficios. En esta investigación se propone utilizar un editor de gráficos vectoriales de código abierto y libre como herramienta de transmisión de conocimientos geométricos y artísticos en la etapa secundaria. La necesidad de la adopción sin dilación de los softwares de edición de gráficos como herramientas centrales de instrucción en la educación básica es hipótesis central de esta investigación. Desde una llamada sin ambigüedad a favor del uso de las tecnologías de edición de gráficos (en otras materias de texto, de cálculo, de código, de datos) como nuevas herramientas de capacitación cognitiva que posibilitan mayor complejidad de desarrollo de las disciplinas, queremos buscar a través de puestas en práctica rigurosas y controladas un camino de adopción de las tecnologías constructivo y posible para nuestras escuelas. La originalidad de lo que proponemos reside en una aproximación experimental en el campo de la pedagogía de las artes y una cierta interdisciplinaridad en el enfoque, atípico e híbrido entre lo que viene siendo habitual en los estudios sobre aplicaciones tecnológicas en la escuela sin centrarse en asignaturas concretas y lo propio de los estudios de la enseñanza artística.

En la Comunidad de Madrid podemos encontrar iniciativas semejantes aplicadas a otra especialidad que se considera afín con la creación de la asignatura de programación y robótica y el desarrollo del currículo de Tecnología. Podemos ver esta iniciativa como un ejemplo de la dinámica de renovación institucional que ante la arraigada resistencia cultural al cambio opta por abandonar la reforma de una rama y en su lugar abrir desde cero una rama nueva en la que las nuevas prácticas no desplazan las antiguas de manera inmediata. Tras un tiempo de este funcionamiento, la rama antigua decae y puede ser cortada sin resistencia, dando lugar a una sustitución cultural. Desde este punto de vista, los profesionales de la enseñanza artística debemos estar muy atentos al proceso de pérdida de relevancia de nuestras disciplinas que tristemente se viene constatando con cada ajuste curricular y reaccionar a tiempo. Que podamos apuntar este aspecto como parte de la originalidad, de lo atípico, de este trabajo que presentamos constata una situación institucional como la descrita y una llamada de atención sobre el devenir de nuestras asignaturas.

La decisión de utilizar el software vectorial Inkscape en este proyecto se justifica desde la propuesta de considerar los softwares de edición (de imágenes, de texto, de datos, de código, de cálculo) como instrumentales en la enseñanza básica. Esta decisión entraña un cambio radical de perspectiva en el que las disciplinas tradicionales (la geometría, el dibujo, el color, ...) siguen siendo los saberes que transmitimos, pero de manera comprometida con el cambio digital asumimos el software como instrumento capacitador de futuro con el que enseñarlas. No es tan sólo el medio de transmisión online, sino el uso de los softwares de edición de gráficos como vehículo de los conceptos y habilidades lo que tratamos de proponer como fundamental. Podemos atenuar la obsolescencia de los medios eligiendo aquellos que demuestren una trayectoria basada en conceptos básicos estandarizados y masivamente utilizados, que han colonizado los ámbitos profesionales y se han generalizado globalmente. El uso de software libre y abierto es una decisión guiada por la accesibilidad, gratuidad y su carácter de pertenencia a una comunidad global del conocimiento propia del nuevo panorama digital en el que tratamos de introducir a los alumnos.

Una segunda propuesta que aporta originalidad se refiere a la técnica del *screencasting* como medio de instrucción. Las técnicas de instrucción en línea comenzaron a cobrar importancia con el desarrollo de los navegadores gráficos a partir de 1993 (Mcanally-Salas y Sandoval, 2007). La aparición de plataformas o entornos digitales para asistir a la actividad de enseñanza – aprendizaje, conocidos como *Learning Management Systems*, son el comienzo de los cursos masivos en línea, MOOCs, mientras que la generalización del uso de plataformas de gestión de vídeos como Youtube dieron lugar a fenómenos como Khan Academy<sup>7</sup>. En la actualidad todas las instituciones educativas cuentan con recursos para gestionar en línea la enseñanza como apoyo a la actividad presencial o de manera independiente de esta. En este estudio se ha utilizado tanto la plataforma Youtube como la propia de la Comunidad de Madrid, Educamadrid. El *screencasting* es una subclase del video educativo que surge en entornos no formales, especialmente adecuado

---

<sup>7</sup> Khan Academy es una organización educativa americana sin ánimo de lucro que genera y hace accesibles videos en línea sobre contenidos e instrucción en matemáticas.

para la transmisión de conocimiento centrado en el uso de programas informáticos con interfaz gráfico en la pantalla, bien sean estos juegos, editores o aplicaciones específicas. La captura de la pantalla puede ir acompañada de sonido o no y es una manera demostrativa de transmitir técnicas concretas. La decisión de centrar en la técnica de *screencasting* este proyecto quiere poner de manifiesto la semejanza que esta técnica tiene con la tradición pedagógica demostrativa propia de las enseñanzas artísticas, en las que se aprende viendo, imitando y haciendo. Los capítulos generados para este trabajo son los primeros y únicos ejemplos de uso de esta técnica en la mediateca de la Comunidad de Madrid.

Otro rasgo de originalidad es, tristemente, la fase experimental en colaboración con docentes en activo en Educación Secundaria Obligatoria. Las dificultades para llevar a cabo estas colaboraciones evidencian una falta de coordinación entre las instituciones implicadas que merma la capacidad de servicio público, transferencia de la investigación y mejora de la calidad educativa.

Y, finalmente, otro rasgo atípico de este trabajo es proponer las artes plásticas como motor del cambio tecnológico cuando hasta ahora han sido refugio de luditas y objetivo de las reducciones horarias en favor de materias instrumentales. Al reivindicar el carácter instrumental de la materia en el nuevo panorama digitalizado proponemos un giro en la práctica actual de la didáctica de la expresión plástica.

Más allá de la originalidad creemos que el interés del tema queda manifiesto. Sea cada cual optimista o no respecto del futuro, que ese futuro está en constante cambio es un rasgo del momento que condiciona esta investigación. Es posible que nuestros intentos sean transiciones que no perduren, que las técnicas que proponemos sean también pasto de la obsolescencia y que su papel sea contextual. Acertar con propuestas que avancen en el camino de facilitar tanto para los docentes como para los estudiantes el acceso, aprendizaje y creación de imágenes como medio de expresión con la complejidad que las tecnologías digitales permiten en los contextos sociales concretos en que nos encontramos es nuestra mejor repuesta a ese futuro en cambio.

### 1.3 HIPÓTESIS

La tecnología digital de producción de imágenes no es un medio más, neutro respecto de los contenidos conceptuales de las asignaturas de expresión plástica.

Las herramientas digitales de tratamiento de imagen (softwares de edición vectorial y de mapa de bits) son tecnologías instrumentales en la educación básica no solo para la consecución de competencias digitales sino también para las culturales y artísticas en un mundo digitalizado. Tanto para los alumnos que quieran desarrollar su vocación en el campo profesional de la creación de imágenes como para los que participarán como usuarios o consumidores resulta necesaria una formación básica en las técnicas y conceptos de la disciplina que permita su comprensión de manera autónoma y crítica.

Cuando los alumnos disponen de softwares para el aprendizaje la calidad de la enseñanza se incrementa, especialmente desde el punto de vista de lo argumentado por Noss (Noss, 2013) sobre cómo el conocimiento en sí está mediado por la presencia de ordenadores en su uso y por Papert y Wilensky en la manera en que los nuevos sistemas de representación pueden reformular el conocimiento, las disciplinas y campos de estudio tradicionales (Wilensky and Papert, 2010).

Los currículos actuales no contemplan los cambios que la mediación digital produce en las disciplinas visuales y plásticas y mantienen prácticas de la cultura del papel. Es de prever que estas prácticas tengan un papel menor en la instrucción artística en cuanto desaparezcan las acreditaciones que las requieren. Por todo ello es tesis de este estudio decir que:

- La inclusión en el currículo de los softwares de edición de imagen vectorial como instrumentos esenciales para el estudio de las disciplinas plásticas y visuales repercute beneficiosamente en la calidad y pertinencia de estas materias y transversalmente en la adquisición de competencias digitales de los alumnos.

## 1.4 ANTECEDENTES Y CONTEXTO

En cuanto al impacto que la tecnología digital en general tiene en la enseñanza secundaria, desde el punto de vista de las metodologías, del diseño curricular o de los recursos didácticos podemos encontrar amplia bibliografía en las revistas especializadas. El acrónimo TIC (Tecnologías de la información y comunicación) es el más comúnmente usado, pero también abundan números especiales en torno a la globalización, las metodologías en línea y las competencias digitales. Sin embargo, en una revisión de los trabajos doctorales sobre la didáctica de la geometría de los últimos años en el catálogo TESEO, todas las referencias encontradas son casi unánimemente del ámbito de las matemáticas y centradas en la formación de los docentes, como podemos ver en el siguiente resumen de cada una de ellas:

- *El Estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de redes asociativas Pathfinder. Aplicaciones y novedades en geometría.* (Casas García, 2002). Este trabajo es un estudio de la evolución de la estructura cognitiva en lo referente al concepto geométrico de ángulo, sobre una muestra aleatoria de 458 alumnos, desde 9 años a la edad adulta, utilizando las representaciones gráficas obtenidas mediante Redes Asociativas Pathfinder. Partiendo del marco teórico de la Ciencia Cognitiva y de sus aportaciones a la Didáctica de las Matemáticas y de acuerdo con los resultados experimentales, propone una nueva teoría; la Teoría de los Conceptos Nucleares.
- *Influencia del aprendizaje cooperativo y la activación de la metacognición en una didáctica comprensiva de la geometría euclidiana* (Luna Aguayo, 2002). En este estudio se investiga la influencia de la metacognición y del aprendizaje cooperativo en el aprendizaje de las matemáticas.
- *Estudio de una estrategia didáctica basada en las nuevas tecnologías para la enseñanza de la geometría* (Sordo Juanena, 2005). De nuevo centrado en la enseñanza de las matemáticas, este estudio lleva a cabo trabajo de campo en torno al uso del software de geometría dinámica Gometer's Sketchpad en la enseñanza de geometría. Entre las conclusiones a las que llega podemos encontrar coincidencias con las del presente trabajo: no hay barreras adicionales al uso de herramientas digitales, se promueve la

autonomía de los estudiantes, señala la necesidad de adaptar el currículo a las nuevas tecnologías.

- *Concepciones/Motivaciones de los alumnos acerca de la geometría en enseñanza secundaria. Influencia de las nuevas tecnologías.* (Mau-Homen Magro, 2006). Este trabajo se enmarca en la actividad que desarrolla en la Universidad de Extremadura el Grupo CIBERDIDACT, centrado en la didáctica de las matemáticas con la participación de nuevas tecnologías.
- *Estudio pedagógico de la enseñanza virtual de la geometría desde un enfoque socio-constructivista* (Souza Melo, 2008). Este estudio aborda la enseñanza de la geometría descriptiva en un contexto de enseñanza virtual, centrándose en el aprendizaje por descubrimiento y el trabajo en equipo. No es accesible en cuanto no se han publicado los resultados, más allá del resumen en la propia ficha del catálogo TESEO.
- *Geometría Analítica a Batxillerat: un enfocament didàctic contextualizat i amb eines TIC.* (Costa Llobet, 2009). En el campo de la didáctica de las matemáticas y con apoyo del programa Geogebra presenta un enfoque didáctico para la enseñanza de la geometría analítica en el primer curso de Bachillerato. En común con el presente trabajo destacamos tal y como apunta el autor en el resumen que “está presente un completo recorrido por la historia de la geometría analítica y su didáctica, motivado por la consideración que la perspectiva histórica es imprescindible: la historia de las matemáticas, y en concreto la de la geometría analítica, muestra que los contenidos y su presentación emergen a partir de las necesidades humanas en contextos concretos, y que la estructuración formal se produce con posterioridad”.
- *Enseñanza de la geometría con TIC en educación secundaria obligatoria* (Peña Mecina, 2010). Este trabajo presenta multitud de recursos y su aplicación en la enseñanza de las matemáticas y en la formación de los docentes con el objetivo de modernizar la didáctica de la geometría en el currículo de matemáticas.
- *Didáctica de la geometría: Análisis de la enseñanza de la geometría a partir de un estudio de campo según el modelo de Van Hiele* (López de Silanes Valgañón, 2011). En este trabajo,



que ha sido publicado como libro (López de Silanes Valgañón, 2012), se aplica la metodología de Van Hiele al currículo de matemáticas español.

- *Análisis del desarrollo de competencias geométricas y didácticas mediante el software de geometría dinámica Geogebra en la formación inicial del profesorado de primaria* (Ruíz López, 2012). Tras un completo estudio abordando competencias, creencias, metodologías cuantitativas y cualitativas, revisión de literatura y un cuidadoso diseño experimental este estudio llega a concluir la bondad de Geogebra (editor vectorial de gráficos especializado en visualización geométrica) para la comprensión y enseñanza de problemas geométricos.
- *La introducción de las ideas de la teoría de conceptos nucleares en la enseñanza de la geometría y sus implicaciones* (Verissimo Catarreira, 2013). Presenta una unidad didáctica para la enseñanza de geometría del currículo de matemáticas basada en la Teoría de los conceptos nucleares. Es parte del mismo grupo de trabajo de la Universidad de Extremadura ya mencionado.
- *La modelización de Van Hiele en el aprendizaje constructivo de la geometría en primero de la Educación Secundaria Obligatoria a partir de Cabri*. (Cabello Pardos, 2013). En este trabajo se plantea como objetivo constatar la significatividad del aprendizaje de la geometría mediante la aplicación de la metodología del modelo pedagógico de Van Hiele y usando como recurso instrumental el software de geometría dinámica Cabri. El modelo de Van Hiele describe el aprendizaje de la geometría en el marco de la pedagogía de las matemáticas y se ha usado para adecuar los currículos de las etapas educativas en este campo. El software de geometría dinámica Cabri permite animar figuras geométricas como apoyo a la explicación de conceptos de geometría y trigonometría o como instrumento de ejercitación de los conceptos para los alumnos.

El único caso que podemos citar centrado en la aplicación de tecnología a la geometría descriptiva, propia de la asignatura de Dibujo, es un ejemplo de la pérdida de relevancia a la que se enfrenta la materia que los propios autores detectan [“los Planes de Estudios vigentes en las carreras de ingeniería que se cursan en las Universidades cubanas presentan una reducción

drástica en el tiempo lectivo asignado a esta asignatura” (Pérez Morales, 2002, Capítulo Abstract)), pero que no se aborda desde propuestas curriculares innovadoras, como aquí proponemos, sino automatizando y burocratizando la asignatura a pesar de su pérdida de relevancia.

Pero no sólo la geometría se ha digitalizado, todo tratamiento de imagen, desde el dibujo de línea, la fotografía, la pintura, la animación, la ilustración, hasta el garabateo tienen su desarrollo en formato digital, coexistiendo o sustituyendo las prácticas sobre papel. Ciertamente en los formatos digitales siempre subyace una más o menos explícita formulación geométrica en la codificación y renderización sobre la pantalla de la imagen, por lo que consideramos que los conocimientos sobre geometría digital, junto con los de color digital y otros conceptos técnicos propios del soporte digital como la resolución, son piedras de toque fundamentales para el uso creativo de estos formatos. En la búsqueda con palabras clave no encontramos trabajos en torno al impacto que las tecnologías digitales tienen en la disciplina de la expresión plástica como tal, lo más cercano son un estudio sobre la socialización en redes de la fotografía (Cantón Correa, 2019), o una propuesta de máquinas de dibujo digital (Faustino dos Santos, 2012). Constatamos así, como elaboraremos más adelante en el transcurso de este trabajo, que el contexto actual no aborda la investigación en materia de tecnología digital desde el punto de vista de su instrumentalidad para las artes plásticas o del impacto que pueda tener sobre las disciplinas artísticas en la enseñanza secundaria. Existe interés en la aplicación didáctica de software geométrico en la enseñanza de la geometría en la asignatura de matemáticas, existe interés en la aplicación de tecnologías digitales como facilitadoras del aprendizaje y como herramientas motivacionales en muchas asignaturas, como ejemplifica el trabajo que Alonso Pérez desarrolló en 2016 (Alonso Pérez, 2016) o bien centrándose en el cambio de rol que el profesor puede adquirir en la nueva docencia que analiza y desarrolla el trabajo de Fernández Casellas (Fernández Casellas, 2016), ambos en el departamento que acoge el presente trabajo. Es también posible encontrar mediciones de adopción de tecnología cuantificando terminales y ancho de banda de la conexión y debates sobre el impacto social y la globalización de la tecnología. Podríamos pensar que este contexto es de ámbito nacional o local, pero los catálogos internacionales reflejan la misma situación. En el entorno de los estudios superiores de

Arquitectura y Diseño encontramos casos aislados de reflexiones y preocupación por el cambio curricular necesario tras constatar el nuevo estándar digital, véase la propuesta para un curso fundacional de medios digitales que en 2006 desgana los bloques básicos de alfabetización en imagen digital que hemos mencionado: color, geometría, resolución (Campbell, 2006). A parte de estas excepciones, en general, en el campo de la didáctica de las artes el cambio tecnológico digital se conceptualiza como un medio más, neutro en cuanto a los inmutables contenidos conceptuales de la expresión plástica como disciplina, y el volumen de publicación nos parece escaso comparado con otras didácticas especializadas.

Encontramos una descripción acertada de los problemas a que se enfrenta el campo de conocimiento y su desarrollo más reciente en el trabajo de Ricardo Marín, en el que la cualidad acientífica de la actividad artística se presenta como rasgo diferenciador de estas didácticas específicas. El presente trabajo quiere sumarse a lo que Marín Viadel indica como una de las principales tendencias de investigación al escribir:

“La innovación y el desarrollo curricular continúan siendo en la actualidad uno de los principales temas de investigación en Educación Artística. Al fin y al cabo se trata de uno de los problemas que tanto intelectualmente, como por su gran interés educativo y su amplia repercusión social, son más distintivos de los intereses investigacionales de las didácticas del currículum escolar.” (Marín Viadel, 2011, p. 4)

Enraizada en el contexto de la Enseñanza Artística Como Disciplina (DBAE por sus siglas en inglés) (Dobbs, 1992), esta vía de investigación centrada en cómo incluir las innovaciones sociales y las tradiciones culturales (Stankiewicz, Freedman y Hernandez, 1999) mediante la reflexión sobre quién decide qué contenidos artísticos y de diseño son valiosos para su estudio (Keifer-Boyd, 2019) viene siendo contemplada en todos los manuales de investigación publicados en el campo de la investigación artística (Bresler, 2007a; Eisner, 2004; Marín Viadel, 2005)

En otro contexto más, entre los “Grupos de Especial Interés” (SIG) que la Asociación Americana de Investigación Educativa (AERA, American Educational Research Association) ha señalado en nuestro campo podemos enmarcar el presente trabajo en el dedicado a “Diseño y Tecnología”, en el que se promueve la investigación en torno a esta relación, con mención directa al trabajo

de Nigel Cross (Cross, 2007) que pone el acento en los cambios que la tecnología implica desde el punto de vista cognitivo, más allá de la técnica.

De manera más concreta y cercana, este trabajo se lleva a cabo en el Área de Conocimiento de la Didáctica de la Expresión Plástica de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid, en el que un bagaje histórico de publicaciones contextualizadas (Hernández Belver, 2005) (Acaso, 2009) aportan orientación al camino de aprendizaje que esta tesis supone.

Por último, la posibilidad de llevar a cabo una metodología experimental cuantitativa en este estudio se concretó en la participación voluntaria de docentes en activo de la asignatura de Educación Plástica y Visual de Enseñanza Secundaria Obligatoria de la Comunidad de Madrid. Cuando un estudio de los antecedentes, una contextualización del problema en el área de conocimiento y una acotación de los objetivos pudieron materializarse, el diseño de la fase experimental se hizo posible gracias a la colaboración con los docentes. El conocimiento práctico por la experiencia previa en la profesión docente y de la cultura institucional en la que esta se desarrolla han sido factores de éxito en la consecución del presente trabajo, un contexto a pie de aula que enriquece y alimenta el desarrollo teórico de manera inestimable.

## 1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.5.1 Objetivos generales

- Describir el impacto de las tecnologías digitales sobre las enseñanzas artísticas visuales en la educación secundaria, tanto como medios de instrucción generales como en su uso específico y vehicular en las asignaturas y niveles concretos del reglamento actual (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2015).
- Identificar las bases del conocimiento en el campo de la imagen digital, centrándose en los aspectos geométricos.
- Elaborar un estudio cuantitativo con la participación de profesores de educación secundaria en activo y sus alumnos que permita caracterizar las propuestas y la metodología de instrucción utilizada.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- Proponer y evaluar materiales pedagógicos que integren las nuevas técnicas digitales tanto de instrucción como instrumentales y que se adapten constructivamente a la actual situación de las escuelas de educación secundaria de Madrid y sus posibilidades.
- Identificar las causas de la lenta adopción en las escuelas de las nuevas técnicas en el campo del dibujo, en especial de la geometría.
- Cuantificar las posibles barreras culturales y tecnológicas como factores que previenen el uso de los gráficos vectoriales como herramienta vehicular de instrucción del dibujo y la geometría.
- Proponer políticas y cambios basados en evidencia para la mejora y actualización del currículo de la asignatura de Educación Plástica y Visual de la Educación Secundaria Obligatoria

## 1.6 MÉTODO

### 1.6.1 Paradigmas de la investigación

La guerra de paradigmas que dominó los años 80 , en la que asistimos a posiciones crecientemente enfrentadas respecto de la epistemología, ontología, metodología y axiología de la investigación en ciencias sociales resultó particularmente cruenta en el campo de la educación, por ser éste punto de encuentro y heredero de un amplio espectro de disciplinas (Gage, 1989). Se ven involucradas en ella desde la filosofía a la psicología, la sociología, la antropología, la biología en su nueva síntesis evolutiva, las ciencias políticas, además de cada disciplina en cuanto a objeto de enseñanza: lingüística, artes, matemáticas, historia, medicina, ingeniería y un largo etcétera (Kivunja y Kuyini, 2017). En un intento de responder a la oposición diametral entre el Positivismo y el Relativismo, la propuesta de un paradigma pragmático trata de perfilar un posible campo de acción en la investigación con menos constricciones teóricas. Siguiendo el trabajo de Donna Mertens (Mertens, 2004), la investigación llevada a cabo desde esta perspectiva muestra las siguientes características:

- Énfasis en los aspectos prácticos de la investigación
- Aceptación y uso de todo tipo de metodologías a priori, justificadas en cada caso según requiera la investigación
- Rechazo a enmarcar la investigación en un paradigma positivista o relativista

Entre las metodologías más comunes en estas investigaciones están los estudios de caso, la metodología experimental, la etnografía, la consulta narrativa y la comparación causal, entre otras (Taylor y Medina, 2013). En los métodos de investigación mixta, en los que se llevan a cabo estudios tanto cualitativos como cuantitativos, siguen pudiéndose aplicar métodos de validación, manteniendo la intencionalidad y contacto con el contexto social complejo en el que tiene lugar (Poni, 2014). El concepto de *conocimiento situado*, que aborda las complejidades del comportamiento humano como intrínsecamente dependientes del contexto es fundamental para la investigación en ciencias sociales. El trabajo de Joseph A. Maxwell es una referencia

actualizada y rigurosa de las posibilidades en investigación educativa de esta metodología mixta (Maxwell, 2016, 2019). Mary Stokrocki, en su contribución al *International Handbook of Research in Arts Education* (Stokrocki, 2007), concluye tras un magnífico repaso tanto histórico como conceptual por el panorama de la disciplina que:

*“Technological assessment consists of blends of quantitative and qualitative forms. Quantitative forms are quasi-experimental testing, which include electronic surveys, Likert scales, and traditional handwritten course evaluations. Qualitative methods involve description and analysis of such aspects as factors influencing the creation of visual portfolios and determination of visual benchmarks of success in the development of exit standards.”*

[“La evaluación tecnológica consiste en mezclas de formas cuantitativas y cualitativas. Las formas cuantitativas son pruebas cuasi-experimentales, que incluyen encuestas electrónicas, escalas Likert y evaluaciones tradicionales de cursos escritas a mano. Los métodos cualitativos implican la descripción y el análisis de los aspectos que como factores influyen en la creación de portfolios y la determinación de las de referencias visuales para el éxito en el desarrollo de estándares de salida.”] (Stokrocki, 2007, p. 1375) Traducción de la autora.

En nuestro caso, esta mezcla de metodología necesaria para evaluar los cruces complejos de tecnología, enseñanza y artes se ha visto desarrollada en diferentes acercamientos a los problemas de estudio, desde encuestas digitales hasta la descripción y el análisis de factores que influyen en la creación de obra digital.

Más allá de la guerra metodológica, y de forma más holística, los presupuestos y visiones del mundo que mejor acogen el marco mental de partida desde el que se plantea este trabajo pueden describirse mediante la referencia a autores y escuelas de pensamiento. Entre los representantes más cercanos en el campo de la educación encontramos a Dewey (Dewey, 1897, 1910), que describe en su teoría del aprendizaje al alumno como un creador de información a partir del conocimiento previo de manera social y constructivista y a Albert Bandura, padre de la teoría social del conocimiento (Bandura, 1986). Entre los paradigmas psicológicos, filosóficos o

de explicación de la mente humana la referencia o marco en el que se sitúa nuestra investigación es el cognitivismo, la psicología evolutiva y el programa de neurofilosofía y neurocomputación, tal y como se ve reflejada en la obra de Daniel Dennet (Dennett, 2017) y de Patricia y Paul Churchland (Patricia Churchland, 1986; Paul Churchland, 1999).

Aunque estos grandes referentes sitúan de manera amplia el marco desde el que se aborda la presente investigación, podemos añadir referencias más cercanas al terreno especializado. Desde el campo de la enseñanza de las matemáticas, en el que la adopción tecnológica es la más dinámica, el trabajo de Richard Noss enmarca aspectos que pueden ayudar a definir en cierta medida los paradigmas en los que se asienta esta investigación, vistos estos como visiones del mundo desde los que interpretar los datos y plantear las hipótesis, cuando rebate el rol de las tecnologías como meras herramientas:

*“It leads to a tendency to render knowledge itself as an invariant in the transformation of learning, asking whether the acquisition of some knowledge is easier, or faster, or more efficient with technology than without it. The limitations of this view lie in a failure to recognize that knowledge itself is mediated by the computer presence, and that understanding how knowledge is reshaped with technology, rethinking what can be learned, is every bit as important as asking how effectively a given piece of learning can be effected.”*

[Nos lleva a concebir el conocimiento en sí como algo invariable en el proceso de transformación del aprendizaje cuando nos preguntamos sobre si la tecnología hace que la adquisición de conocimiento sea más fácil, más rápida o más eficiente que sin ella. Las limitaciones de este planteamiento residen en no reconocer que el propio conocimiento está mediado por la presencia del ordenador, así que comprender cómo el conocimiento cambia con la tecnología, repensando qué puede ser aprendido, es en todos los aspectos tan importante como plantear con cuánto efectividad se puede realizar cada aprendizaje.] (Noss, 2013, p. 1) Traducción de la autora.



El trabajo de Seymour Papert es el precedente más extenso y mejor documentado de una iniciativa semejante a la que se propone, en este caso en el campo de la pedagogía de las matemáticas y de la tecnología en sí, desde paradigmas constructivistas.

En el campo específico de la investigación en pedagogía del diseño encontramos un referente fundamental en la obra de Nigel Cross, que nos habla de “maneras de pensar y saber propias del diseño” (Cross, 2007) y que hace un recorrido de la influencia que la guerra de paradigmas tuvo en los modelos metodológicos en el campo del diseño en sus aspectos específicos. De manera más concreta, en el campo de la aplicación de la tecnología a la enseñanza el trabajo que propone Susan McKenney con el concepto de “zona de implementación proximal” (McKenney, 2013) enmarca las intenciones y espíritu de acción de esta propuesta de investigación.

De esta manera, integrados en la línea de investigación del Área de Conocimiento de Didáctica de la Expresión Plástica en los últimos años, siguiendo el modelo de innovación educativa de resolución de problemas, con técnicas de trabajo de campo, métodos cualitativos y cuantitativos de recogida de datos, y un método inductivo-deductivo de investigación, esperamos poder alcanzar conclusiones rigurosas que permitan implementar acciones de mejora en las instituciones educativas.

## 1.6.2 Fases e instrumentos de la investigación

### 1.6.2.1 Fase Inicial: planteamiento del problema

Acotar los objetivos de una investigación de manera coherente con el contexto del estudio que se propone es una tarea de concreción que requiere extensas y diversas lecturas, así como reflexión y elaboración de argumentos con calidad suficiente para participar en las conversaciones que sobre la materia se estén llevando a cabo en los medios especializados pertinentes. Esta es posiblemente la más ardua fase de la investigación y de la que más depende su futuro desarrollo, sobre la que al volver la vista atrás desde la tarea finalizada más arrepentimientos se arrastran. La propia naturaleza del proceso por el cual se adquiere conocimiento hace que nuestras posiciones iniciales nos parezcan carenciales al final de la

investigación, cuando hemos avanzado al poner nuestras hipótesis a prueba y deseábamos haberlas formulado más completas y más sabias.

Durante esta fase inicial se parte del interés en el *screencasting* como herramienta docente, del conocimiento de las instituciones y cotidianeidad de la Enseñanza Secundaria en la Comunidad de Madrid, de la experiencia profesional previa en el campo de la infografía, de la participación en el Proyecto de Institutos de Innovación Tecnológica de la Consejería de Educación y del interés por acercar a los estudiantes las posibilidades de las tecnologías digitales en el campo creativo. En un primer momento se explora la posibilidad de utilizar el marco del Proyecto de Institutos de Innovación Tecnológica como plataforma para la investigación, ya que las particulares condiciones que comparten estos centros son especialmente fértiles desde el punto de vista del diseño experimental y la recogida de datos. En estos 15 institutos, desde hace varios años, se sigue un programa de formación de los docentes en el uso de las tecnologías digitales, acompañado de una inversión en medios y un seguimiento de resultados. El uso continuado en todos ellos de la plataforma Educamadrid, de las aulas virtuales para todos los alumnos y muchas asignaturas, y de encuestas y evaluaciones en línea constituye un entorno privilegiado en el que recabar datos sobre el uso de estas tecnologías y su impacto en la enseñanza. Sin embargo, y a pesar de tener contacto con los responsables del proyecto en la administración, las trabas burocráticas y la falta de voluntad política hacen imposible esta vía de acción. Cabe aquí una reflexión sobre los mecanismos de comunicación y colaboración entre instituciones educativas, y la relación entre la investigación y la práctica docente que desarrollaremos en las conclusiones de este trabajo.

Tras contactar con la Asociación de Profesores de Dibujo de Madrid, con docentes de dibujo con presencia en redes sociales, con la red extendida de antiguos compañeros a través del boca a boca, con asesores técnicos docentes y formadores de los centros de formación del profesorado se delimita un campo de trabajo con técnicas de *screencasting* en torno al uso de gráficos vectoriales y su aplicación al currículo de la asignatura de Educación Plástica y Visual en la Educación Secundaria Obligatoria. La elaboración de la hipótesis y de los objetivos de la investigación se lleva a cabo a través de la contextualización en el campo de la didáctica de la

expresión gráfica del tema elegido, con la lectura anotada de bibliografía especializada y la guía del departamento en la figura del tutor. Lo que en un principio se planteara como una experiencia de caso, o como una descripción de nuevos medios de instrucción queda explicitado tras el trabajo de contextualización como un estudio de impacto, guiado por la pregunta seminal acerca de la pobre y lenta adopción de las tecnologías digitales como médiums artísticos en la escuela. Varios objetivos de conocimiento se estiman pertinentes, con una amplitud excesiva y poco realista con las dimensiones de este estudio y un trabajo de concreción se hace necesario de nuevo para determinar el camino o prelación adecuada de estos objetivos: ¿Debemos abordar estudios cuantitativos acerca del uso de los gráficos vectoriales que ayuden a determinar el grado de aceptación cultural de estos? ¿Es una aproximación cualitativa, basada en entrevistas con los profesores para determinar los marcos mentales y culturales de estos respecto a la tecnología, un camino más fértil? Con la intención de no dar nada por obvio, de asentar el conocimiento en bases sólidas que nos permitan avanzar hacia conclusiones, se decide abordar en este estudio con metodología cuantitativa el uso en el aula de los gráficos vectoriales como medio de expresión gráfica a través de video tutoriales de *screencasting*. Asentar así resultados cuantitativos sobre el uso de las tecnologías en el aula de dibujo de manera previa a la elaboración de encuestas y entrevistas cualitativas se considera el mejor camino hacia la validación o refutación de nuestra hipótesis: que la tecnología digital de producción de imágenes no es un medio más, neutro respecto de los contenidos conceptuales de las asignaturas de expresión plástica, sino que tiene una pertinencia destacada en el contexto social actual y efectos en la calidad de la enseñanza; o tal y como aparece de manera literal en el apartado de hipótesis de esta tesis: que la inclusión en el currículo de los softwares de edición de imagen vectorial como instrumentos esenciales para el estudio de las disciplinas plásticas y visuales repercute beneficiosamente en la calidad y pertinencia de estas materias y transversalmente en la adquisición de competencias digitales de los alumnos. Desde esta perspectiva se plantean los siguientes objetivos y herramientas de la investigación en la fase inicial:

OBJETIVOS	HERRAMIENTAS
Identificar las bases del conocimiento en el campo de la imagen digital, centrándose en los aspectos geométricos.	Investigación histórica contrastada. Análisis de mercado.
Identificar las causas de la lenta adopción en las escuelas de las nuevas técnicas en el campo del dibujo, en especial de la geometría.	Investigación histórica y cultural, comparación de fuentes.

### 1.6.2.2 Fase Experimental: plan de trabajo

Tras delinear los objetivos abordables desde la metodología cuantitativa se plantea el diseño experimental necesario para poner a prueba las hipótesis planteadas.

En julio de 2017 se lleva a cabo la difusión y convocatoria a la participación en el proyecto a los docentes de Educación Secundaria Obligatoria que cumpliendo los necesarios requisitos quieran participar de manera voluntaria. Se utilizan redes sociales y el boca a boca, la publicación de un blog y un formulario para recibir comunicados de adhesión. Durante los tres meses siguientes se continúa con la difusión y comunicados de bienvenida hasta cerrar el grupo de participantes a final de septiembre de ese año. En esta fecha los docentes conocen su carga lectiva para el curso que comienza y pueden comprometerse a colaborar en firme. Una primera encuesta de recogida de datos (Anexo 1: formulario de la encuesta final) marca el comienzo de la colaboración, con preguntas dirigidas a conocer las limitaciones y circunstancias concretas de los participantes. Se registran datos de identificación generales (nombre, centro), datos sobre el número de alumnos, grupos y cursos que cada docente imparte en el curso académico, las características especiales de los grupos en cada centro (bilingüismo, tecnología disponible) y sobre las herramientas digitales de comunicación docente asimiladas por cada profesor (correo, aula virtual, blog, otras).

A partir de este momento la colaboración consta de varias fases:

- Como rasgo principal del diseño de materiales se propone el uso de Inkscape, software libre de edición de gráficos vectoriales. Las tecnologías de edición de imagen digital se

pueden clasificar de manera amplia en los dos tipos de imagen digital que se han generalizado: los mapas de bits y las imágenes vectoriales. La elección desde este temprano momento del diseño experimental por los gráficos vectoriales nos llevará a centrarnos en aspectos geométricos y lineales de la producción gráfica, dejando para ulteriores investigaciones la profundización en los aspectos de color, representación e iconicidad relativos a las imágenes de mapa de bits.

- Durante el primer trimestre lectivo se busca la participación de los docentes en el diseño de los materiales didácticos en cuanto a las necesidades particulares que imponga la docencia (enseñanza bilingüe, plataformas tecnológicas, agenda, etc.) Asumiendo las particularidades del grupo se elaboran los materiales acordados y las formas de acceso y comunicación necesarias.

Durante el segundo trimestre del curso se pone en práctica la colaboración, cada docente utiliza con sus alumnos los materiales diseñados, se recogen los datos necesarios para el análisis, evaluación y conclusiones de la fase experimental del proyecto a través de una encuesta en línea (Anexo 1: formulario de la encuesta fina).

El capítulo 3 de esta tesis se dedica a la pormenorizada descripción de la fase experimental desde su diseño y las unidades didácticas elaboradas hasta los resultados y conclusiones obtenidas en ella. Los datos, resultados y conclusiones de esta fase se han redactado en forma de artículo habiendo sido aceptada su publicación en la revista *Research in Learning Technology* (Saez-lacave, Rodriguez-lopez y Serrano-muñoz, 2020)

Por todo ello se plantean los siguientes objetivos y herramientas de la investigación en la fase experimental:

OBJETIVOS	HERRAMIENTAS
Diseñar materiales pedagógicos que integren las nuevas técnicas digitales tanto de instrucción como instrumentales y que se adapten constructivamente a la actual situación de las escuelas y sus posibilidades.	Trabajo colaborativo con docentes en activo, conversaciones, encuestas, entrevistas.
Cuantificar las posibles barreras culturales y tecnológicas como factores que previenen el uso de los gráficos vectoriales como herramienta vehicular de instrucción del dibujo y la geometría.	Diseño experimental con grupos de control y evaluación cuantitativa de variables.

### 1.6.2.3 Fase de Resultados: elaboración y publicación

A partir de los datos obtenidos en la fase experimental se elabora un texto en inglés con formato de artículo científico según los estándares de las publicaciones internacionales especializadas con índice de impacto en el campo de conocimiento. La tarea de discernir entre las revistas especializadas existentes y adaptar el texto en los casos que fuese necesario a los perfiles de cada una, para enviar de forma seriada a las revistas se lleva a cabo simultáneamente a la redacción de este trabajo y la preparación de su defensa como tesis doctoral. En junio de 2020 recibimos por parte de los editores de la revista especializada *Research in Learning Technology* la aceptación del artículo para su publicación (Saez-lacave et al., 2020) El cuadro de objetivos y herramientas en esta fase de resultados es:

OBJETIVOS	HERRAMIENTAS
Describir el impacto de las tecnologías digitales sobre las enseñanzas artísticas visuales en la educación secundaria, tanto como medios de instrucción generales como en su uso específico y vehicular en las asignaturas y niveles concretos del reglamento actual.	Elaboración e interpretación de los datos obtenidos en la fase experimental, así como en la fase inicial. Establecer relaciones pertinentes de interpretación de los datos cuantitativos y cualitativos.
Proponer políticas y cambios basados en evidencia para la mejora del currículo de la asignatura de Educación Plástica y Visual de la Educación Secundaria Obligatoria	Elaboración de resultados en forma de propuestas ajustadas a la realidad normativa vigente y las posibilidades técnicas accesibles.

### 1.6.2.4 Resumen de las fases e instrumentos de la investigación

TABLA 1: FASES E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVOS	HERRAMIENTAS	FASE
Identificar las bases del conocimiento en el campo de la imagen digital, centrándose en los aspectos geométricos.	Investigación histórica contrastada. Análisis de mercado.	Inicial
Describir el impacto de las tecnologías digitales sobre las enseñanzas artísticas visuales en la educación secundaria, tanto como medios de instrucción generales como en su uso específico y vehicular en las asignaturas y niveles concretos del reglamento actual.	Elaboración e interpretación de los datos obtenidos en la fase experimental, así como en la fase inicial. Establecer relaciones pertinentes de interpretación de los datos cuantitativos y cualitativos.	Resultados
Diseñar materiales pedagógicos que integren las nuevas técnicas digitales tanto de instrucción como instrumentales y que se adapten constructivamente a la actual situación de las escuelas y sus posibilidades.	Trabajo colaborativo con docentes en activo, conversaciones, encuestas, entrevistas.	Experimental
Identificar las causas de la lenta adopción en las escuelas de las nuevas técnicas en el campo del dibujo, en especial de la geometría.	Investigación histórica y cultural, comparación de fuentes.	Inicial
Cuantificar las posibles barreras culturales y tecnológicas como factores que previenen el uso de los gráficos vectoriales como herramienta vehicular de instrucción del dibujo y la geometría.	Diseño experimental con grupos de control y evaluación cuantitativa de variables.	Experimental
Proponer políticas y cambios basados en evidencia para la mejora del currículo de la asignatura de Educación Plástica y Visual de la Educación Secundaria Obligatoria	Elaboración de resultados en forma de propuestas ajustadas a la realidad normativa vigente y las posibilidades técnicas accesibles.	Resultados

## 1.7 RESUMEN DEL CAPÍTULO

La presente tesis se escribe en un momento cultural de mudanza que tiene su origen en el cambio tecnológico desencadenado por el uso masivo de internet. En este contexto prestamos atención a la creciente disonancia entre el campo profesional y el currículo institucional en cuanto a las técnicas de producción de imagen. Centradas en la asignatura de Educación Plástica y Visual de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Madrid acotamos variables y tratamos de estudiar el fenómeno para llegar a conclusiones que nos permitan elaborar recomendaciones.

Desde un paradigma pragmático y una metodología mixta planteamos, motivados por un compromiso hacia los alumnos, un estudio experimental con el objetivo de identificar las causas de la lenta adopción en las escuelas de las nuevas técnicas en el campo del dibujo, en especial de la geometría. Así mismo planteamos un estudio de fuentes especializadas que nos permitan identificar las bases del conocimiento en el campo de la imagen digital, centrándose en los aspectos geométricos y describir el impacto que los cambios tecnológicos están teniendo sobre la escuela a nivel global y local.

A través de estos instrumentos de investigación ponemos a prueba la hipótesis de que la inclusión de los gráficos vectoriales como instrumento principal de la enseñanza de geometría en el currículo de educación secundaria es una respuesta pertinente a los cambios tecnológicos de este campo de conocimiento que repercute beneficiosamente en la relevancia de la materia y transversalmente en la alfabetización digital de los alumnos.

Proponemos con este trabajo de investigación una reflexión sobre la necesaria respuesta a los cambios que las tecnologías digitales han introducido en las disciplinas que enseñamos, en las escuelas que administramos y en el futuro en el que nuestros alumnos habrán de integrarse. Esperamos poder ofrecer respuestas adaptadas a los contextos locales de nuestras escuelas, docentes y alumnos que posibiliten la transformación digital de la manera más beneficiosa posible, potenciando el talento y aumentando las oportunidades para una vida plena.





## **CAPITULO 2      IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN EL CURRÍCULO DE ARTES VISUALES EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA**



## 2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

### 2.1.1 Reforma educativa y tecnologías digitales

El impacto de las tecnologías digitales en el entorno escolar puede analizarse en los tres diferentes niveles funcionales en los que se aplican en escuelas alrededor del mundo: Tecnología digital aplicada a la administración y gestión de los centros, tecnología digital aplicada al proceso general de enseñanza-aprendizaje en metodología, evaluación, instrucción, comunicación y gestión del aula y por último tecnología digital vehicular o instrumental en las disciplinas objeto de instrucción en sí, necesarias para el aprendizaje de la asignatura por parte del alumno. Los centros han ido incluyendo en los últimos años aplicaciones que gestionan las matriculaciones, turnos, usos de los espacios, etc., para la gestión de la administración escolar y también aplicaciones de gestión de la enseñanza, fundamentalmente aulas virtuales en plataformas web, pero también libros de texto en formato digital y el uso de tabletas en el aula. Puede parecer que las aplicaciones de uso específico de los sistemas formales propios de cada campo del conocimiento como son los editores de texto, los editores de código, los editores de gráficos, de partitura, de bases de datos, de sonido, etc., son piezas de base, fundamentales en la construcción del cambio digital. Sin embargo no es de extrañar que en esta cadena jerárquica de la administración a la dirección, a los profesores y por último a los alumnos (y el ignorado eslabón de las familias), sean las tecnologías de uso directo para el aprendizaje de los alumnos las que menos influencia han ejercido en el proceso de decisión, implantación y adopción en las escuelas. Entre los factores que han influido para que los softwares vehiculares necesarios para las asignaturas hayan tenido una incorporación tardía y esporádica podemos apuntar la rápida obsolescencia de los lenguajes de programación y de las herramientas digitales. Con el rápido ritmo de cambio del entorno digital emergente ha resultado muy difícil elegir estratégicamente herramientas digitales adecuadas para el entorno escolar, que permitieran a los alumnos aumentar su comprensión de las disciplinas y aprender usos y técnicas avanzadas de la práctica digital más allá de la interfaz superficial y sin someterse a un constante cambio de ésta. El problema de abordar la enseñanza de estos blancos en movimiento que resultan obsoletos antes

de que se pueda desarrollar una rutina de buenas prácticas viene siendo habitual en todas las áreas que se interesan por la enseñanza de la tecnología como parte de su asignatura o por los criterios de alfabetización digital, como pone de manifiesto por ejemplo Steven Walk en las actas del 118 Congreso de la Asociación Americana de Enseñanza de Ingeniería (Walk, 2011). A estas dificultades debe sumarse el factor de mercado, que ofrece mayor disponibilidad y oferta de sistemas de administración y plataformas de enseñanza en línea, por ser una fuente más segura de beneficios para las compañías desarrolladoras, siendo las escuelas clientes más deseables que los alumnos desde esta óptica. En la mayoría de los casos, la introducción de dispositivos, de conexión y de programas en las escuelas ha sido liderada por las tendencias del mercado y en tan solo algunas ocasiones escuelas y bibliotecas han asumido el liderazgo (OECD, 2018).

Tal y como relata John Thackara en el capítulo dedicado a la educación de su libro sobre el impacto de la digitalización (Thackara, 2005), durante el boom inicial de las punto com la enseñanza en línea tuvo su propia burbuja vendiendo la idea de que se podía cerrar la brecha entre las carencias de la educación formal y las necesidades de las empresas con contenidos pre-enlatados y prescindiendo de los intermediarios, es decir, de los docentes. Las aventuras fallidas de los portales educativos que empresas y universidades crearon con esta intención (Hungryminds, Fathom, Unext) son un recuerdo permanente de los peligros de analizar el campo educativo con criterios economicistas y la tecnología digital sin comprensión de su naturaleza. Cuando en 2001 el MIT publicó todo sus contenidos en línea de manera gratuita quedó patente cuales son las ventajas y nuevas maneras de gestionar el conocimiento. Ver en las tecnologías digitales una estrategia de ahorro es un espejismo, para desilusión de administraciones y gobiernos. El mundo digital no es más ligero, ni reemplaza papel, no es más barato y no reduce materiales, personal ni recursos, no reduce los tiempos ni las distancias, sino que aumenta y añade necesidades de mantenimiento, formación, actualización e inversión. En los sectores en los que la digitalización ha sido disruptiva y ha cambiado de manera rápida modos de producción, propiedad, distribución y consumo las inversiones y valor monetario de los cambios llevados a cabo han sido enormes, a pesar de la idealizada imagen del fundador tecnológico en el garaje de sus padres inventando un nuevo mundo. Una de las razones por la que la escuela parece ser el disruptor de la tecnología (y no viceversa), tal como se quejaba Seymour Papert (Papert, 1997),

es la errada intencionalidad con la que las administraciones gestionan la educación. En palabras de Thackara:

*“When wiring up schools to the internet fails to deliver instant, dramatic results – which is nearly always – politicians often blame teachers, whom they have long tended to regard as an impediment to technological modernization. The real culprit are policymakers who think of technology as a cost-saving cure all. Education planners have persistently ignored the advice of their own software suppliers that 30-40% of any technology budget should be devoted to staff training and organizational development. Outside education, larger companies reckon that their true ICT cost is 10,000 US dollars per person. No government in the world invests that amount to support tech in schools. (...) In the flawed logic of early e-learning models, reinforced by government policy, teachers were treated as a discretionary cost. The opposite is nearer the truth. There is no limit to the number of teachers society could use, if money were no object.”*

[Cuando conectar las escuelas a internet no ofrece resultados instantáneos y dramáticos - como de hecho es lo habitual – los políticos a menudo culpan a los profesores, a los que han tendido desde hace tiempo a ver como un impedimento a la modernización tecnológica. El verdadero culpable es la administración educativa que genera políticas tomando la tecnología como un remedio general para el control y reducción del gasto. Las administraciones educativas ignoran persistentemente el consejo que los proveedores de software ofrecen cuando indican que un 30-40% de cualquier presupuesto en tecnología debe destinarse a formación del personal y desarrollo organizativo. En sectores ajenos a la educación las grandes compañías manejan la cifra de 10,000 \$ por persona como coste real de las TIC. Ningún gobierno del mundo invierte esta cantidad para apoyar la tecnología en las escuelas. (...) Desde la fallida lógica de los modelos tempranos de enseñanza en línea, reforzado por las políticas gubernamentales, los profesores han sido tratados como un coste discrecional. Lo opuesto está más cercano a la verdad. El número de profesores que una sociedad acomodaría

beneficiosamente no tiene límite, si el dinero no fuera óbice.] (Thackara, 2005, p. kno loc 1976) Traducción de la autora.

La investigación en torno a la relación de la educación y la tecnología se ha centrado en su aplicación como medio de instrucción (Zawacki-Richter y Latchem, 2018), obviando el uso instrumental de los programas como ampliadores del campo de conocimiento, como es el caso claro del dibujo, la geometría y la producción de las artes visuales. En un breve repaso por la historia reciente de la investigación en el campo de la educación podemos ver el reflejo de este cambiante punto de vista. Desde que Fred Kerlinger, padre de los métodos estadísticos de uso generalizado actualmente en la investigación en campos de las ciencias de la conducta humana, abogaba al final de los años setenta por mantener como único objetivo posible de la investigación en educación la refutación o ratificación de la teoría psicológica (Kerlinger, 1977) sin tratar de incluir la práctica escolar o los usos a pie de aula, y lo hacía en términos de la disputa de lo innato versus el ambiente, muchos cambios se han sucedido en la investigación como disciplina y en la psicología como teoría. La inclusión de marcos explicativos y paradigmas desde la sociología y desde la síntesis evolutiva se abrieron camino en las últimas décadas del pasado siglo, con experiencias como el programa Logo de Papert<sup>8</sup> (Papert, 1997) y contribuciones como las de David Sloan Wilson (D. S. Wilson, Kauffman y Purdy, 2011) en las que se pone de manifiesto que una aproximación desde la sociología con raíces en la teoría evolutiva puede mejorar las políticas y los resultados en educación. El campo sigue abierto a nuevas aportaciones y desarrollos mientras observamos la creciente interrelación entre la inteligencia artificial, la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de la información y las ciencias cognitivas (Battaglia, Mei y Dumas, 2018). Las posibilidades de la gestión transparente y de la gestión masiva de datos implican tanto utopías adhocráticas como distopías totalitarias, que nos fuerzan a la búsqueda

---

<sup>8</sup> Seymour Papert trabajó con Piaget sobre bases constructivistas del aprendizaje y se considera el padre del programa Logo, que trataba, entre otras cosas, de proporcionar un entorno para el aprendizaje natural de las matemáticas con medios tecnológicos. La geometría en concreto tiene aplicación en la programación de un pequeño robot dibujante con forma de tortuga.

de nuevos equilibrios sociales. Extraer potencia experimental y aplicar paradigmas de estos campos a la investigación en educación para conseguir elaborar currículos más pertinentes, que integren la tecnología y los cambios sociales que la acompañan de la mejor manera posible es uno de los retos que aún quedan por desarrollar en este campo.

En el campo de la reforma educativa la transmisión de conocimientos desde la investigación a la práctica es una de las muchas carencias que entorpecen nuestras actuales instituciones. El necesario diálogo entre instituciones y actores involucrados, los difíciles aspectos de la práctica de la reforma (no tanto por su complejidad conceptual sino por los múltiples intereses involucrados), desde la gobernancia de los centros a la formación del profesorado sin olvidar el papel de las familias, son temas que pueden encontrarse tratados en profundidad en los trabajos teóricos y sobre el terreno de Fernando Reimers. La incorporación de la tecnología digital es sin duda un factor más que sumar al panorama global de cambio educativo, que debe contextualizarse en cada situación local específica. (Reimers y McGinn, 1997)

Existen además estudios centrados en las actitudes y entornos culturales que promueven o impiden de manera profunda y no explícita dinámicas en torno al uso de la tecnología en las aulas, que tratan de explicar desde un análisis de las creencias y prácticas de los docentes el rol de los docentes en el cambio tecnológico (Gil-Flores, Rodríguez-Santero y Torres-Gordillo, 2017; Mama y Hennessy, 2013)

Por otro lado, contextualizar con rigor en las últimas décadas de creciente cambio en el campo tecnológico y social supone conocer múltiples hitos y variada literatura, no sólo científica, sino que el trabajo de emprendedores como Gates (Microsoft), Jobs (Apple), Zuckerberg (Facebook), Page y Brin (Google), Hurley y Chen (YouTube), Bezos (Amazon), Anderson (TED), Khan (Khanacademy), Thrun (Udacity), Sperling (University of Phoenix), Torvalds (Linux), Stallman (Software libre), Lessig (Creative Commons), entre muchos otros, es telón de fondo necesario.

En un reciente resumen en tono crítico, Audrey Watters ha publicado en su blog, Hackeducation.com, la entrada *“The 100 Worst Ed-Tech Debacles of the Decade”* (Los 100 peores desastres en Edu-Tecno de la década), en la que podemos encontrar un recuento de ideas que no fueron como se esperaba y otras que prometían lo imposible, así como mitos sociales,



temores e ingenuidades que se escenifican en nuestro campo de estudio. Quizá si devolvemos algo de agencia al papel de los profesores como expertos en lo que necesitan las aulas podamos evitar los delirios y construir cambios con sentido para nuestros alumnos.

#### 2.1.1.1 Propuestas pedagógicas que integran la tecnología: lo que las artes ya tenían

El campo de las artes es una cultura formada en la tradición durante siglos, que arrastra valores culturales arraigados tanto en su relación con la tecnología como en las prácticas pedagógicas, nacidas de los talleres y las relaciones maestro-aprendiz, en marcado contraste con la cultura académica de la universidad desde que la separación entre práctica e investigación se impusiera a principios del siglo XX. Muchas de las innovaciones mencionadas en las nuevas pedagogías son prácticas ancestrales en la enseñanza de las artes, que, paradójicamente, vienen sufriendo la presión por convertirse en asignaturas “como las demás”, es decir discursivas, escalonadas, acotadas y explícitas, basadas en el método directo y, a ser posible, con exámenes escritos. Entre las tendencias actuales, promovida por la UNESCO, está el resurgimiento y dignificación de la Formación Profesional, que comparte rasgos de tradición pedagógica con las enseñanzas artísticas como el “aprender haciendo” o el trabajo por proyectos. Esta reivindicación de los métodos colaborativos, miméticos, flexibles, de comunicación implícita, de conocimientos tácitos y sin un único escalonamiento que en muchos casos sufre el desprestigio de aparecer como falto de rigor y lastrado por la subjetividad del proceso de evaluación, es una reivindicación de los métodos de la enseñanza artística. La tan buscada promoción de la creatividad es parte de esta tradición profesional, que tan ajena resulta a los métodos discursivos y puramente explícitos. En su libro de 1987 Donald A. Schon (Schön, 1987) hace una descripción de los métodos pedagógicos propios de la enseñanza artística y en la obra seminal de 1983 (Schön, 1983) se encuentra una descripción de las raíces epistemológicas de la oposición entre los conocimientos adquiridos en la práctica profesional y la tarea investigadora de las instituciones académicas.

Reunir en una misma disciplina la resolución de problemas, el aprendizaje colaborativo, la manipulación de modelos físicos y de representaciones gráficas como los ingredientes necesarios del buen aprendizaje nos lleva a redescubrir las artes - el diseño – como fuente de estrategias

pedagógicas (Sara Hennessy y Murphy, 1999). Podemos llegar a encontrar un género completo en la literatura pedagógica redescubriendo las virtudes de las enseñanzas artísticas y sus métodos, con títulos como *‘Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics’* (El aprendizaje cognitivo: enseñar el arte de leer, escribir y contar) (Collins, Brown y Newman, 1989). El trabajo de Sara Hennessy se centra en la introducción de las tecnologías en las materias específicas y aborda esta relación pedagógica con el diseño y las artes de manera concreta en varios de sus estudios, véase *“Emerging teacher strategies for supporting subject teaching and learning with ICT”* (Sara Hennessy, Deane y Ruthven, 2005), en el que encontramos apoyo a una de las principales conclusiones y recomendaciones de este estudio cuando asevera en relación con las enseñanzas aunadas de las artes y las tecnologías: *“Teachers are beginning to consider their role here but external constraints (national tests in particular) currently limit the scope for change.”* (Los profesores están comenzando a considerar su papel en el tema, pero constricciones externas (las pruebas nacionales particularmente) limitan actualmente el alcance del cambio).

La confrontación de las artes y las matemáticas como fruto de su diferente tradición pedagógica puede también encontrarse desarrollada en *“When Technology and Design Education is inhibited by Mathematics”* (Cuando la educación en arte y tecnología se ve inhibida por las matemáticas) (Gibson y Bell, 2011).

Así pues podemos atisbar la posibilidad de que el cambio tecnológico sobrevenido con la tecnología digital haya puesto de manifiesto y de actualidad una separación cultural entre disciplinas que se ve superada con las nuevas posibilidades, quizá para dar paso a otra cultura renovada que haga uso de las tecnologías como lenguajes capacitadores y aumentadores de las técnicas artísticas, científicas, matemáticas o de cualquier otra disciplina.

#### 2.1.1.2 Screencasting

En el estudio o taller de artes la charla magistral no es la técnica pedagógica con mayor tradición. Las clases de arte no comienzan por explicitar contenidos conceptuales. Qué se puede aprender mirando hacer a otro, las posturas, maneras, gestos, es algo está íntimamente ligado al estilo pedagógico de las artes, a la empatía y al uso de herramientas. Recientemente empieza a haber

estudios que confirman que se puede aprender así, como el llevado a cabo con neuroimagen y publicado recientemente *“To watch is to work”* (Reynaud, Navarro, Lesourd y Osiurak, 2019). Un método heredero de estas pedagogías características de la tradición artística es el *screencasting*. Por su carácter demostrativo, que propone la imitación de gestos y transmite conocimiento tácito, sigue las pautas habituales de la relación aprendiz-maestro en la tradición artística.

El vídeo como herramienta educativa lleva varias décadas de desarrollo. En el blog de Donald Clark (Clark, 2011) podemos encontrar un buen resumen del conocimiento que acumulamos al respecto. Existen estudios sobre la idoneidad de su uso para transmitir conocimiento, dadas nuestras memorias semánticas y episódicas, a corto y largo plazo y nuestra capacidad de atención. En los aspectos técnicos hay datos sobre la mejora que la interactividad supone, la ineffectividad de las cabezas parlantes frente a los gráficos, el punto de vista apropiado para mostrar la manipulación de objetos, el impacto del tamaño de la pantalla, de la calidad de la imagen, del montaje, de la velocidad de lectura de la locución y de la extensión adecuada.

El *screencasting* es una subclase del formato de video en el que la imagen principal que se aporta como contenido es la de la pantalla de ordenador en el que se está usando un programa dado. Mediante demostraciones y voz en off se instruye en el uso y los conceptos necesarios para adquirir una habilidad dada en una tarea digital. Al igual que en todos los videos es posible reproducirlo repetidas veces, en su totalidad o en parte, tantas veces como sea necesario. Es una poderosa herramienta educativa que promueve la autonomía y puede facilitar la atención personalizada, es además la herramienta preferida en muchas academias de enseñanza no formal de habilidades digitales. La proliferación de canales de Youtube con capítulos de autor que difunden cultura y habilidades para usuarios de juegos masivos por internet con un alcance y escala global y su impacto sobre los adolescentes en aquellos países como el nuestro en los que el acceso a internet es generalizado en la mayoría de los hogares es un ejemplo de la capacidad de transmisión de este formato. A pesar de que la investigación sobre el uso de este formato en educación formal es extremadamente limitado, podemos encontrar trabajos en los que se revisa y discute su uso para transmitir contenidos vía charla y como forma de recoger reacciones y respuestas a las mismas (Kilickaya, 2016). Sugar, Brown y Luterbach publicaron en 2010 una lista

de buenas prácticas en esta técnica para su uso para diseñadores de contenidos educativos online en el desarrollo y evaluación de su uso (Sugar, Brown y Luterbach, 2010). Entre los estudios que aportan fundados indicios de que el *screencasting* promueve la autonomía y auto regulación de los estudiante destaca el trabajo de Green et al (Green, Pinder-Grover y Millunchick, 2012). Estudios en aplicaciones específicas que pueden aportar luz sobre la metodología son los que se realizaron en torno a la enseñanza de las matemáticas en primaria (Thomas, 2017), en asignaturas de grado sobre diseño experimental (Carter, Hamilton y Thompson, 2017), en ciencias sociales (Snyder, Paska y Besozzi, 2014), en estadística (Lloyd y Robertson, 2012) y como técnica de instrucción para usuarios de bibliotecas (Brown-Sica, Sobel y Pan, 2009) (Ergood, Padron y Rebar, 2012).

Desde su inicio, la investigación centrada en el impacto de las tecnologías de la información sobre la educación ha obtenido resultados claros respecto de los beneficios que estas aportan en cuanto que incrementan la flexibilidad horaria y espacial en el proceso de aprendizaje, promueven la autonomía del estudiante y aumentan el acceso a los contenidos y los expertos educativos (Zhang, Zhou, Briggs y Nunamaker, 2006). Estas conclusiones son puntos de partida en nuestro estudio.

Sin embargo, la relación entre estos métodos - que promueven la autonomía - y su impacto en la creatividad, han sido un punto de llegada. Esta relación entre instrucción digital/autonomía y autonomía/creatividad se perfila en el horizonte de este estudio desde el conocimiento de los métodos de instrucción propios de las disciplinas artísticas y su puesta en práctica en la fase experimental con el uso del *screencasting*. En los contextos de educación artística tradicionales los métodos de instrucción se articulan alrededor de la experiencia fenomenológica, de la observación y mimesis de gestos, de la práctica física para adquirir destrezas y alrededor de la relación aprendiz-mentor. Sobre estas acciones se desarrolla a posteriori una metacognición, explicitación y reflexión, sin haber partido de un discurso teórico textual (Schön, 1983). Así, el *screencasting* como método de instrucción es continuación de las prácticas educativas del atelier de pintura, del estudio de danza o incluso de la caligrafía oriental, en las que la relación mentor-aprendiz mediante la práctica sin explicitación teórica son la norma. Que las tradiciones de

enseñanza artística promuevan estas formas de instrucción, y la relación que con la autonomía y la creatividad pueden tener las mismas son cuestiones que superan el alcance de este trabajo, pero que surgen como posibles pasos adelante en el camino de la aplicación de tecnologías digitales a la enseñanza de las artes. En apoyo de este uso del *screencasting* como método de instrucción de destrezas, muy diferente del papel que en otras disciplinas de transmisión más teórica tiene el visionado de un video documental, en los que se puede adquirir información pero no se transmiten habilidades, el trabajo de Emanuele Reynaud aporta conclusiones tras un estudio en el que la observación atenta en el contexto del uso de herramientas puede conllevar la adquisición de destrezas cognitivas (Reynaud et al., 2019). El papel del profesor que enseña gestos y usos, tal y como vienen repitiéndose centenariamente en las tradiciones artísticas oriental y occidental y el estudiante copiando para adquirir destreza encuentra continuidad en la técnica de *screencasting*. Las disciplinas artísticas, que no están centradas en la tradición académica en torno a la producción de textos y conocimiento explícito, están muy relacionadas con la producción de tecnología y cultura de maneras que han sido poco favorecidas por esta tradición académica a la que el trabajo manual resultaba ajeno y propio de menesteres más humildes. Si la frontera entre lo manual y lo intelectual deja de oscurecer con categorías de la dinámica social las relaciones entre las disciplinas y sus posibles aportaciones e interrelaciones quizá podamos abordar la investigación en tecnología educativa con menos prejuicios.

### 2.1.2 Geometría digital, recorrido histórico

Resulta fundamental para comprender los datos y la tesis que presentamos conocer la historia y el actual desarrollo de la geometría digital en todos los campos profesionales en los que los dibujantes tienen actividad y las características que tanto el dibujo en sí, como el diseño, la creatividad, el prototipado, la producción e incluso los modelos de negocio y la autoría están exhibiendo en el desarrollo de la digitalización de la geometría y el dibujo en general. Sostenemos que el uso generalizado de herramientas de computación y programas de dibujo en todas las profesiones artísticas es una tendencia que terminará por sustituir totalmente la mayoría de las prácticas asociadas a la tecnología del lápiz y papel, como de hecho podemos observar desde hace décadas en los ambientes profesionales más vanguardistas (Smith y Hansen, 2019).

Los gráficos vectoriales son la visualización en un monitor de líneas y formas definidas por fórmulas matemáticas. Como principal forma de visualización e interfaz se utilizaron en ordenadores, tipografías y máquinas de videojuegos desde los años 60. Son la más robusta, sencilla, ligera y versátil forma de imagen digital en uso y siguen siendo la base de casi todo el dibujo asistido por ordenador. Las fórmulas matemáticas de la Geometría Euclídea son el fundamento básico de su programación. Los gráficos vectoriales son la tecnología base sobre la que se fundamentan los desarrollos posteriores del dibujo y la geometría digital.

La historia de las aplicaciones de la informática al dibujo y la geometría comienza en los años 60 del siglo XX, en departamentos de investigación de universidades y de empresas de automoción. Los logros de una primera época mantienen carácter seminal en su visión y en la audacia de las propuestas que durante las décadas siguientes mantendrán su carácter de actualidad y relevancia mientras asistimos a avances en campos posibilitadores que aportan capacidad de realización cada vez mayor de estas primeras propuestas. Las dos figuras pioneras que desarrollan sus ideas paralelamente son Hanratty y Sutherland.

Patrick J. Hanratty en el año 1957 desarrolla el programa PRONTO, el primero de control numérico de uso comercial, desarrollado mientras trabajaba en General Motors. En 1961 forma parte de un equipo que desarrolla DAC (Design Automated by Computer), el primer sistema CAD/CAM con gráficos interactivos. A día de hoy muchas compañías de software CAD/CAM pueden rastrear parte de sus productos a código escrito por Hanratty para su programa Adam y sus sucesivas actualizaciones. Adam fue el primer programa con gráficos interactivos, planos y sistema de manufactura integrado accesible comercialmente.

Ivan Sutherland en el año 1962 desarrolla como parte de su tesis doctoral bajo supervisión de Claude Shannon en el entonces departamento de matemáticas del Massachusetts Institute of Technology (MIT) el sistema Sketchpad (Sutherland, 2003). En este programa se encuentra la primera interfaz gráfica de la historia, con rasgos que se mantienen hasta hoy, como el zoom o las constricciones para dibujar líneas rectas. Es también el primer lenguaje de programación no

procedural<sup>9</sup> y el primer programa orientado a objetos de la historia. Además, en un rasgo de ingenuidad no superado, el diseñador interactuaba con el ordenador usando un lápiz de luz sobre el monitor.

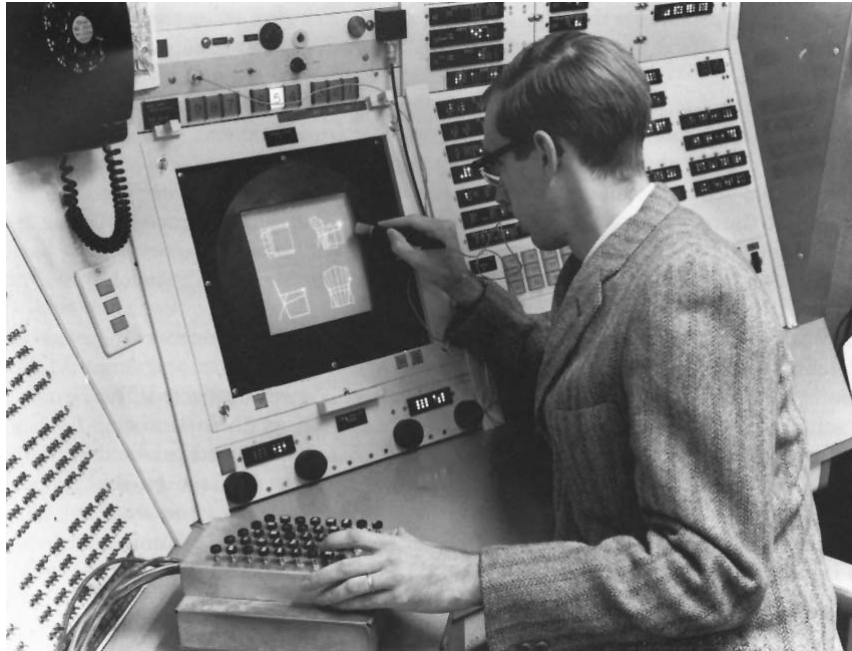


FIGURA 1: IVÁN SUTHERLAND INTERACTÚA CON EL SISTEMA SKETCHPAD, MIT (Di Marco, 2019)

Ambas innovaciones ponen de realce las características que el dibujo digital aporta como contenedor interactivo de información estructurada, más allá del simple grafo explicitado la geometría digital contiene funciones, algoritmos, relaciones, proporciones, constricciones y parámetros accesibles con una facilidad e inmediatez nueva.

---

<sup>9</sup> Existen varios paradigmas de programación, con sus respectivas familias de lenguajes, que se pueden sintetizar en su aparición histórica y en órdenes de mayor complejidad o abstracción desde el lenguaje máquina hasta los recientes intentos en inteligencia artificial.





FIGURA 2: JEROME ELKINE, SENIOR VICE-PRESIDENT DE BOLT, BERANEK Y NEWMAN, INC., JUNTO CON IVÁN SUTHERLAND EXAMINAN EL LINE DRAWING SYSTEM. IMAGEN DE LOS ARCHIVOS DE LA UNIVERSIDAD DE UTAH.



En los años sesenta en Europa y en Estados Unidos las grandes empresas de la automoción y de la aeronáutica desarrollaron softwares propietarios con capacidad de generar planos en 2D, en muchas ocasiones en colaboración con los departamentos de investigación de algunas universidades. Las curvas complejas que se usan a día de hoy en todos los programas de dibujo son resultado del trabajo de investigación matemática del ingeniero de Renault Pierre Bézier y del matemático y físico de Citroën Paul de Casteljaou, que de manera paralela desarrollaron el trabajo sobre curvas polinómicas “*spline*”<sup>10</sup> definidas por Shoenberg (I. J. y Shoenberg, 1964). Las ecuaciones y definiciones accesibles hoy en cualquier manual o fuente abierta como Wikipedia fueron en un principio objeto de secreto industrial. Actualmente los estándares de gráficos vectoriales las contemplan (World Wide Web Consortium, 2011) y su uso se extiende en los campos de la animación, la fabricación, el diseño, la arquitectura, los videojuegos, la moda, etcétera. Estas curvas son herramientas básicas en todos los programas de dibujo vectorial y son la base matemática para el desarrollo de la definición de las superficies y la topología implementada en los programas CAD, las *non uniform rational b-splines*, o NURBS<sup>11</sup>.

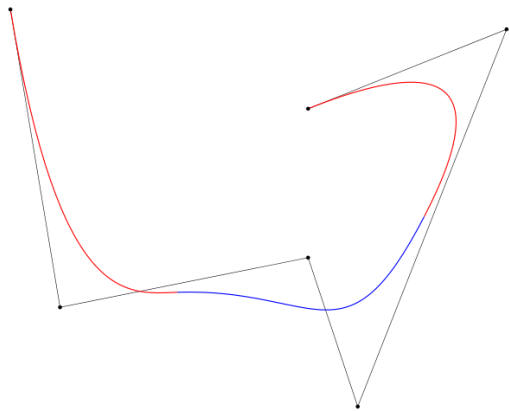


FIGURA 3: CURVA B-SPLINE CON PUNTOS DE CONTROL, WIKIPEDIA

---

<sup>10</sup> En el subcampo matemático del análisis numérico, un spline es una curva diferenciable definida en porciones mediante polinomios.

<sup>11</sup> Las B-splines racionales no uniformes o NURBS es un modelo matemático para generar curvas y superficies con formas orgánicas complejas.

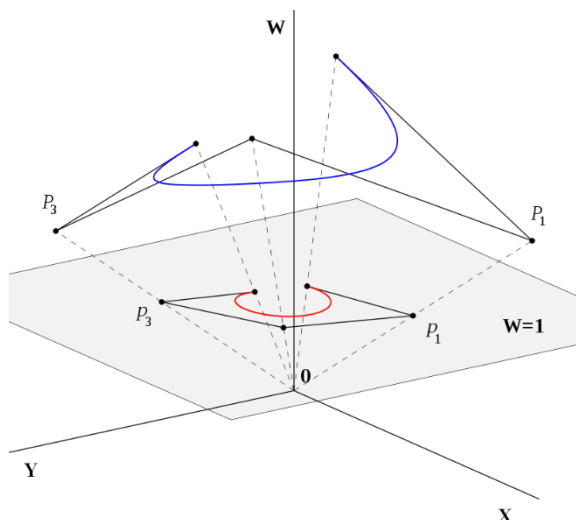


FIGURA 4: CURVA NURBS POLINOMIAL Y SU PROYECCIÓN RACIONAL, WIKIPEDIA

En años posteriores Sutherland fue profesor de Universidad, la relevancia de su enseñanza e influencia puede rastrearse en las trayectorias de muchos de sus alumnos: el primer render 3D (Gordon W. Romney), creación de lenguajes interactivos pioneros (Alan Key), las primeras técnicas de sombreado (Henri Gouraud), los métodos de antialiasing (Frank Crow), los fundadores de Silicon Graphics (Jim Clark), los fundadores de Pixar (Henry Fuchs y Edwin Catmull), y los fundadores de Adobe (John Warnock). Su tarea junto con David Evans resultó en la implementación en hardware de muchos de los algoritmos de geometría que avanzaron las posibilidades de uso de la imagen digital en animación, diseño y videojuegos.

En las décadas de los 60 y 70 el desarrollo continuó en las grandes firmas de automoción y aeroespaciales con departamentos que desarrollaron programas CAD propietarios de uso interno, la mayoría siguiendo una lógica sustitutiva de los tradicionales planos en 2D en los que las ventajas se limitaban a una mayor precisión en el dibujo y la reducción de los errores humanos y una mayor reusabilidad de los planos. El paquete CAD que ha llegado hasta hoy con mayor número de usuarios entre los ingenieros, CATIA, es el desarrollo que Avions Marcel Dassault, compañía aeronáutica francesa, hizo a partir del que se manejaba en la compañía de aeronáutica inglesa Lockheed.

Estos programas continuaban prácticas de dibujo de la geometría descriptiva y de los sistemas de representación desarrollados para las dos dimensiones del papel. El salto conceptual que cambiaría la geometría digital de manera profunda y la separaría definitivamente en una nueva rama de la disciplina es el modelado en 3D, que tanto conceptual, visual como operacionalmente marca un hito en la historia del Diseño Asistido por Ordenador. El necesario desarrollo matemático de los trabajos de Casteljau, Bezier, Coons y Forrest llegó de la mano de K. Vesprille, en la Universidad de Siracusa en 1975. En su tesis *"Computer-Aided Design Applications of the B-Spline Approximation Form"* (Vesprille, 1975) se encuentran las bases con las que los programas actuales calculan y muestran las curvas complejas y las superficies en tres dimensiones. Diferentes modelos desarrollados para la representación en 3D de los sólidos tienen a partir de los años 70 implementaciones y aplicaciones en sectores diferentes según la aplicabilidad de sus características, desde simuladores de vuelo hasta programas de análisis de exposición a la radiación nuclear. En general el modelado en tres dimensiones resultaba muy caro y exigente en cuanto a computación y se mantuvo en ámbitos de investigación o de aplicación muy restringidos hasta que los ordenadores ganaron en capacidades a lo largo de la siguiente década.

Por un lado el uso de sólidos modelados en 3D o CSG (Constructive Solid Geometry) tiene su origen en el programa PADL (Part and Assembly Description Language) de 1978, que estará en el desarrollo de CATIA. Por otro lado en 1978 el programa BUILD ve la luz como el primer modelador de sólidos en 3D con representación real de superficies, basándose en las propuestas representación de límites con elementos finitos, conocidos como B-rep. Ambos esquemas están presentes en el desarrollo de la geometría en tres dimensiones y sientan la base de los algoritmos geométricos sobre los que se asientan ulteriores logros. El uso de los programas CAD se hace prevalente en las compañías del sector automovilístico y del aeronáutico, lo que lleva en 1980 a los primeros esfuerzos de estandarización con el formato IGES (Initial Graphic Exchange Standard), dando cuenta de la rápida evolución de las innovaciones hacia un mercado de productos básicos.



FIGURA 5: PRIMERA VERSIÓN DE CATIA, 1981. (Campbell, 2006)(Raul Kuldarni, s. f.)



FIGURA 6: PRIMERA VERSIÓN DE AUTOCAD, 1982 (Raul Kuldarni, s. f.)

Desde 1988 existen en el mercado programas CAD accesibles dirigidos a los ingenieros que utilizan sistemas de representación gráficos interactivos, que contemplan las diferencias entre

las características geométricas y topológicas de las formas que describen e incluyen la posibilidad de calcular variaciones de las mismas con una cada vez mayor diversidad de recursos matemáticos aplicados. Los profesionales pueden participar del desarrollo infinito de estos programas mediante la programación abierta, personalizando las herramientas según su creatividad requiera. Las empresas de diseño y producción pueden usar los nuevos programas informáticos en todo el proyecto: en 1995 Boeing puso en servicio por primera vez el modelo 777, primero en ser diseñado totalmente por ordenador, incluyendo simulaciones virtuales en sustitución de los prototipos físicos. La complejidad de los proyectos que pueden desarrollarse enteramente con software ha ido en aumento, valga como ejemplo reciente la construcción de una planta hidroeléctrica en Noruega que la compañía Autodesk difunde como ejemplo de trabajo sin papel (Smith y Hansen, 2019).

En esta tendencia a desterrar el uso y técnicas asociadas del papel como medio han cumplido un muy importante papel el prototipado rápido y las tecnologías de fabricación digital. Desde que John T. Parsons programara la primera fresadora por control numérico en 1949 utilizando uno de los ordenadores de tarjetas perforadas del departamento de contabilidad para fabricar los paneles de las alas en los bombarderos en la compañía Lockwood, la idea de programar la automatización con la flexibilidad que cada modelo requiere ha seguido avanzando. Las actuales propuestas en impresión 3d, corte láser, y robótica transforman las posibilidades del diseño y el rol del diseñador al comprimir cadenas de trabajo en nuevos especialistas del DIY (Do it yourself) (Anderson, 2012) (Sass y Oxman, 2006).

Cuando se funda Pixar en 1979 como parte del grupo de gráficos de Lucasfilm comienza la historia de la aplicación de la geometría digital al sector de la generación de imágenes en movimiento. Las técnicas que en la ingeniería se centraban en la precisión, la fabricación, la topología, los materiales y la producción se dirigen en el campo artístico hacia la producción de apariencias con criterios estéticos. Pixar es receptora de las tradiciones de la animación, de la producción cinematográfica, de la imagen por ordenador y de la geometría digital, campos en los que las aportaciones se siguen sucediendo. Los avances incrementales a lo largo de los siguientes años, marcados por hitos como la invención del canal alfa, y una continuada inversión en investigación

y desarrollo tuvieron su resultado en el programa Renderman, publicado en su versión 3 en 1988, que traduce a imágenes de alta calidad las geometrías diseñadas en el ordenador. La actividad en el campo de la imagen digital y la animación por ordenador se puede observar en las conferencias anuales que desde 1974 organiza SIGGRAPH, en las que se dan a conocer los productos y avances técnicos del sector. La primera cinta comercial en usar gráficos por ordenador de manera significativa es Tron, de Disney en 1982. El primer largometraje íntegramente generado por ordenador es Toy Story en 1995. En la actualidad, la influencia de estas compañías y sus producciones de las últimas décadas es patente, resulta indiscutible la revolución que ha supuesto en las aplicaciones profesionales de las capacidades creativas y técnicas a la producción de imágenes, unas prácticas que se han extendido a lo largo del globo en un creciente número de empresas, generando un impacto cultural semejante al que tuvieron los estudios cinematográficos a comienzos del siglo XX.

El desarrollo de los videojuegos ha sido un motor más de digitalización de la imagen, superando las dificultades que la arquitectura de Von Neumann<sup>12</sup> impone a la renderización en tiempo real de geometrías 3D para lograr animaciones interactivas con punto de vista subjetivo. Las geometrías poligonales son la base de la mayoría de las experiencias de simulación o de juego que a día de hoy proporcionan gráficos e interactividad a tiempo real con una creciente calidad estética. Por las exigentes necesidades que supone el render en tiempo real<sup>13</sup>, esta familia de gráficos digitales no se suele basar en los gráficos vectoriales y desde su origen las soluciones geométricas y técnicas desarrolladas son de raíz diferente. Los campos en creciente desarrollo

---

<sup>12</sup> La arquitectura de Von Neumann es un diseño de computador digital electrónico en el que una operación de datos y una búsqueda de instrucciones comparten un bus de memoria y no pueden por tanto ser simultáneas, generando un cuello de botella en el procesamiento.

<sup>13</sup> En videojuegos y en realidad virtual, mixta y aumentada se requiere inmediación en la visualización de las texturas y geometrías generadas digitalmente, los algoritmos utilizados son en estos casos diferentes que los que se aplican en cinematografía o en imagen fija.

de la realidad aumentada y la realidad virtual suponen la natural proyección de los conocimientos y aplicaciones en el campo de la renderización en tiempo real de geometrías 3D.

En el encuentro creativo que la arquitectura y el diseño plantean entre la ingeniería y las artes se han desarrollado aspectos de la geometría digital que atañen a tanto a la normalización como a la generación de ideas y la creatividad. El proceso BIM (Building Information Modeling), presente desde los años 70, comienza a partir de los 80 a tomar relevancia con versiones que cada estudio desarrolla para desarrollar documentos en los que la geometría es parte de una estructura de información más amplia, que incluye normativa, materiales, factores de escala, técnicas de producción, presupuestos, gestión de equipos humanos o temporalidad del proyecto, entre otros. El caso más conocido es la versión basada en CATIA<sup>14</sup> con la que el estudio de Frank O. Gehry llevó a cabo el proyecto y edificación del Museo Guggenheim en Bilbao en 1997 y que fue hecho público en 2004 (Malakuczi, 2019) Sobre el impacto que la tecnología digital tiene en la arquitectura puede ampliarse información en *The alphabet and the algorithm* (Carpo, 2011)

Otros campos profesionales del dibujo y la geometría son la ilustración, la edición y la publicación en general de imágenes fijas. La geometría plana conlleva una complejidad mucho menor y su uso digital alcanzó rápidamente estándares editoriales y de impresión, como el PDF, actual heredero de la idea fundacional de la compañía Adobe cuando sus fundadores abandonan Xerox PARC en 1982 para desarrollar y vender el lenguaje PostScript. Los programas de gráficos vectoriales que se desarrollan en un primer momento para la gestión de fuentes tipográficas son de uso extendido y prevalente en todo el sector editorial ya en la década de los 90, en la que a la edición en papel se une la publicación web. En 1999 se establece el estándar SVG que integra texto, dibujo, animación e interactividad, que entre otras cosas hace posible la existencia de programas vectoriales de código abierto como el que se usa en la parte experimental de este estudio, Inkscape, creado en 2003.

---

<sup>14</sup> Computer Aided Three-dimensional Interactive Application, o CATIA, es el paquete informático multiplataforma para diseño 3D asistido por ordenador de la compañía francesa Dassault Systèmes.

Entre las más recientes aportaciones en el campo de la geometría digital se encuentra el desarrollo del diseño generativo, entendido como la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a la generación de formas en sus instancias más vanguardistas, pero también como la generación de geometría mediante algoritmos que se programan en interfaces gráficas, o como la generación de formas estableciendo relaciones de dependencia entre varios parámetros pertinentes. Gaudí en su uso de modelos informados por las ecuaciones paramétricas para la Colonia Güell es el antecedente analógico más directo de las técnicas paramétricas (M. Burry, 2007). En estas técnicas las búsquedas de formas pueden utilizar conocimientos matemáticos de la biónica, de la geometría fractal, de la informática o de los modelos evolutivos como el Juego de la Vida de Conway. Las formas que se diseñan de esta manera son de una complejidad característica de la geometría digital, no pudiendo haber sido calculadas o ideadas desde las tecnologías de la escuadra, el cartabón y el compás o por cualquier otra forma de dibujo o construcción tradicional. La geometría que se genera encierra una información estructurada de gran riqueza y complejidad que se concreta en la forma. Se habla en muchos casos de geometría paramétrica y pueden encontrarse ejemplos en el trabajo de Moretti para el edificio Watergate (Bucci y Mulazzani, 2000), Neri Oxman, John Maeda, o Nervous System. En otras aplicaciones, se explora el campo de las posibilidades formales mediante la generación automática de variaciones, de esta manera se ayuda a encontrar los límites del conocimiento al definir el campo de lo posible en una ampliación de la inteligencia natural (Liu y Lim, 2006). A raíz de estos trabajos, conceptos como la creatividad asistida por ordenador o la creatividad computacional empiezan a abrirse paso (Iordanova, 2007) (Lee, Gu y Williams, 2013). Las hasta ahora tan solo teorizadas gramáticas de la forma comienzan a explicitarse en un cambio de paradigma y de escala conceptual hecho posible con la digitalización (Stiny y Gips, 1972).

En estas nuevas técnicas podemos ver incluso una nueva aproximación al medio digital en términos propios de las artesanías, tal y como las definía Pye en su obra de referencia de 1968: *“workmanship using any kind of technique or apparatus, in which the quality of the result is not predetermined, but depends on the judgment, dexterity, and care which the maker exercises as he works.”* (“Mano de obra que utiliza cualquier tipo de técnica o aparato, en el que la calidad del resultado no está predeterminada, sino que depende del criterio, la destreza y el cuidado que



el fabricante ejerce mientras trabaja.” Traducción de Google) (Pye, 1995, p. 4). La geometría, en su nuevo medio digital, es en su aplicación creativa, una vez dominada la técnica, una experiencia semejante a la que conocemos en cualquier otro medio artístico (McCullough, 1996). El auge de las llamadas “artesanías digitales” es un claro ejemplo de las posibilidades de la creatividad en el medio digital, sirva como ejemplo el trabajo de Jessica Rosenkrantz y Jesse Louis-Rosenberg (Rosenkrantz y Louis-Rosenberg, 2007).

La naturaleza disruptiva de la digitalización, observada en sectores de actividad variados desde la creatividad a la comercialización, los servicios turísticos, la movilidad, las finanzas y un largo listado que termina por incluir todas las actividades humanas conocidas tiene su mejor eslogan en el ya famoso “*Why software is eating the world*” (“Por qué el software se está comiendo el mundo”) de Marc Andreessen en 2011 (Andreessen, 2011). En geometría la disrupción ha tenido pocas implicaciones negativas y las nuevas disciplinas ocupan la actividad profesional tras escasos cincuenta años de su experimental irrupción. La capacidad de trabajo de las máquinas ha aumentado a un ritmo muy superior al de la adaptación cultural humana. Antes de que una generación de profesionales haya conseguido adoptar las nuevas disciplinas asistimos a soluciones basadas en procesamiento masivo (machine learning) en los que se atisban nuevas olas de cambios. Cierta disrupción se puede encontrar, como también ha ocurrido en otras formas de creación, en lo referente a derechos de autor y patentes, véase como ejemplo el debate en torno a la patente de panelización de formas libres por parte de *Evolute Tools*<sup>15</sup> (Davis, 2011). El reto persiste en los currículos académicos, especialmente en los artísticos, como últimos rincones a los que quizá no llega la disruptiva onda expansiva.

---

<sup>15</sup> Evolute GmbH es una empresa de alta tecnología fundada como spin-off de la Universidad Tecnológica de Viena en 2008.

### 2.1.3 Geometría digital en la investigación educativa

Las disciplinas artísticas son metódicamente ignoradas en las investigaciones sobre educación y tecnología. La relación entre el uso de las nuevas tecnologías digitales y la educación se referencia principalmente en los campos de la lecto-escritura y de las matemáticas (OECD, 2011). Se concluye habitualmente que no hay diferencias significativas por materias, aun cuando ninguna materia fuera del canon tradicional académico, como vienen siendo las Artes o la Educación Física, están presentes en estos estudios. En la investigación educativa específica de cada área se aprecia una escasez de referencias en los campos artísticos comparados con los científicos en los estudios que abordan el cambio digital de las materias e incluso en los que se centran en el uso de nuevas metodologías de enseñanza no específicas de asignaturas concretas, que también se llevan a cabo de nuevo en el área de la lecto-escritura, las matemáticas y las asignaturas de base discursiva de humanidades o ciencias. Las referencias que se pueden encontrar a las Artes en los contextos de investigación pedagógica en torno a los nuevos medios digitales suelen ser como factores motivacionales para aprender a programar código, véase (Goldsmith y Fonseca, 2014)

En el campo de la geometría podemos encontrar referencias de investigación en entornos digitales especializados aplicados a la enseñanza de las matemáticas (Clements y Battista, 1994), relacionados en su mayoría con el Movimiento Logo, el influyente proyecto que Seymour Papert lideró en los años 80. Examinando los archivos de la Fundación Logo (Logo Foundation, 2015) podemos constatar que son trabajos centrados en los aspectos de programación y matemáticas más que en la enseñanza de la geometría digital en sí, y con ningún interés en el aspecto gráfico y espacial de la geometría que concierne a su instrucción en el campo artístico.

De la misma manera en la enseñanza de las matemáticas se han adoptado con facilidad programas que venían a ser una extensión de la ya asimilada calculadora. Estudios sobre el uso de herramientas digitales como Geogebra están documentados en la literatura especializada, véase por ejemplo *“The Effects of GeoGebra on Mathematics Achievement: Enlightening Coordinate Geometry Learning”* (“Efectos de Geogebra en los logros matemáticos: iluminando el aprendizaje de la Geometría Analítica” Traducción de la autora.) (Saha, 2010)

También es frecuente encontrar trabajos que recogen el uso del ordenador como apoyo al dibujo técnico basado en la geometría descriptiva que recoge el currículo, por ejemplo el uso del programa SketchUp para facilitar la comprensión del sistema de representación proyectual en la materia de Educación Plástica y Visual de 1º de Educación Secundaria Obligatoria (Hernández-Rivero, 2014). En estos trabajos las nuevas tecnologías se aplican tan sólo como visualizadores o como ilustración, sin asumir las innovaciones intrínsecas al nuevo medio.

Una década atrás en este contexto podemos encontrar investigación que no acaba de asumir el radical cambio involucrado y continúa proponiendo un uso asistencial de la tecnología, designando innovación a las meras adaptaciones formales de los nuevos sistemas. Enunciados como “Innovaciones pedagógicas de la expresión gráfica en la enseñanza técnica mediante el trazado gráfico interactivo con ordenador” (Sánchez Guirao, 2009), “La enseñanza de los sistemas de representación asistida por ordenador” o “Métodos y estrategias educativas para la enseñanza de los elementos básicos del Sistema Diédrico en la enseñanza secundaria” (Sánchez Guirao, 2009) pertenecen a una tesis de 2009 en la que la dependencia de las técnicas del papel y la subordinación de lo digital como mera asistencia al currículo existente quedan manifiestas.

Sobre el cambio del currículo como tal podemos encontrar iniciativas documentadas desde los años setenta, tratando de hacer del Diseño la disciplina de base de la enseñanza artística, sobre todo en el entorno de Reino Unido, con desigual fortuna institucional. El documento “*The nature of research into design and technology education*” (“La naturaleza de la investigación en didáctica del diseño y tecnología” Traducción de la autora) (Archer, Baynes y Roberts, 1992) es un ejemplo de estas iniciativas, con un nutrido bagaje referencial que contextualiza la discusión.

En el marco de la enseñanza superior de arquitectura e ingeniería la investigación publicada es más un recuento sin discusión de los cambios a adoptar en el currículo, centrándose en medios y métodos y sin poner en duda el nuevo rol preminente de la geometría digital, véase (Duarte, Celani y Regiane Pupo, 2012).

Más cercano a los intereses de nuestra área pero desde el punto de vista de las ingenierías podemos encontrar estudios que se preocupan de la visión espacial y de la geometría como herramienta para el dibujo en el trabajo de Sara Hennessy, que tiene una trayectoria interesante

de propuestas pedagógicas en las que recupera muchas de las tradiciones de la enseñanza artística tradicional (manipulativa, por proyectos, desde la experiencia a la explicitación) para descubrirlas en la enseñanza de las ciencias con medios digitales (Sara Hennessy et al., 2007). El estudio del papel del profesor en la integración de las tecnologías digitales en el aula (Sara Hennessy, Ruthven y Brindley, 2005) es relevante y pertinente más allá de que lo que podamos argumentar sobre la necesidad de que se vaya un paso más allá, para que en estos estudios (S. Hennessy et al., 1995) dejemos de plantear estas tecnologías como “aumentadoras” del corpus tradicional o herramientas neutras para el fin de instrucción y empecemos a entender que el medio es el mensaje y en este caso la geometría es la materia de estudio sin necesidad de aferrarse a los métodos de instrucción tradicionales.

Mucho más relevante para nuestra argumentación son las reflexiones y conclusiones de la llamada a incluir itinerarios tecnológicos en los criterios de alfabetización mediática que atañen a la geometría computacional y las habilidades necesarias para dominar esta campo de conocimiento en las actas de la 118 Conferencia Anual de la Asociación Americana para la Educación en Ingeniería (Walk, 2011). Una vez más es desde el campo de la ingeniería desde donde nos llegan las voces que reclaman una mejor manera de enseñar la geometría y el dibujo en la era digital. Muchas de las razones que se aportan sobre la elección de herramientas para la enseñanza de esta disciplina en ingeniería (Walk, 2012) son aplicables a las artes y merecen nuestra atención. Steven Walk trabaja en este estudio desde herramientas de observación tanto de las publicaciones como de los usos en producción de las tecnologías digitales, con análisis de casos históricos de adopción de tecnologías, con análisis cuantitativos de usos de las tecnologías y estudios de las características del entorno tecnológico (ley de Moore) para encontrar pautas en la adopción y sustitución de tecnologías que nos permitan comprender el proceso por el que estas ocurren. Los gráficos vectoriales están en un patrón de cambio tecnológico que se corresponde con el de adopción en un plazo largo de tiempo y sustitución total de manera más o menos abrupta cuando la asimilación sea completa. Bien podríamos añadir el arte al final del párrafo en el que nos resume el objetivo de su estudio como:

*“The trajectories are compared to the emergence and diffusion of the response of academia to provide curricula and course education in these technologies so that students are technologically literate in the use of these technologies upon graduation to research and industry.”(Walk, 2011, p. abstract)*

*“Las trayectorias se comparan con el surgimiento y la difusión de la respuesta de la academia para proporcionar currículos y cursos de educación en estas tecnologías para que los estudiantes estén tecnológicamente alfabetizados en el uso de estas tecnologías al graduarse en investigación e industria. ”(Traducción de Google)*

La relación que la enseñanza de la Artes tiene con la enseñanza de la Tecnología y el hecho de que estas disciplinas se mantengan institucional y artificialmente aisladas, especialmente en la formación del profesorado como señala Jensen (Jensen, 2016), se pone de manifiesto en el campo común del dibujo y la geometría.

Encontramos en el trabajo de Mary Stokrocki para el *International Handbook of Research in Arts Education* (Bresler, 2007b) un completo resumen de teorías, investigación y casos relevantes en la intersección de la tecnología y la enseñanza de las artes. Tras seguir las referencias citadas y estudiar los casos mencionados como más relevantes e influyentes hay ciertamente muy poco que se refiera al uso instrumental de la geometría digital como medio de creación y expresión, como herramienta de las profesiones de producción cultural – cine, arquitectura, diseño – o como alfabetización digital necesaria. Además, la autora señala sobre la enseñanza secundaria que *“at secondary levels, teachers mainly rely on action research and reports of their own case struggles.”* [“en los niveles de secundaria los profesores se basan en la investigación de acción y en informes de sus propias dificultades”] (Pág. 1367.Traducción de la autora). Entre las fuentes fundamentales que se indican son de especial interés para contextualizar el presente estudio algunas ya citadas, como el rol de Papert, y otras como la experiencia LOGO de Kafai (Kafai, 1995), continuista respecto de modelo constructorista, así como el número especial de la revista *“Art and Technology”* bajo supervisión de McGregor en 1993 (MacGregor, 1993), el número especial de *“Art Education”* editado por Stankiewicz en 1996 (Stankiewicz, 1996), algunas iniciativas en línea de la Getty Trust y las aportaciones de Delacruz (Delacruz, 2004) sobre las carencias

materiales y de Hubbard (Hubbard, 1995) sobre la resistencia de los docentes como factores a tener en cuenta. En el presente estudio, pasados 10 años desde esta descripción de panorama, tratamos de constatar cómo cambian las carencias, las resistencias y las posibilidades de instrucción en materia de tecnología digital aplicada a la creación artística. El diseño experimental se ha tratado de dirigir a recabar datos sobre el contexto actual en el que se lleva a cabo la instrucción artística teniendo en cuenta estos precedentes.

## 2.1.4 El currículo artístico en la ESO, recorrido histórico

### 2.1.4.1 Breve historia de las tendencias metodológicas en el currículo artístico

Sin pretender abordar el amplio espectro del debate que en el campo de la educación artística se plantea tanto en cuanto a historia, pedagogía, estudios comparados, relación con el arte contemporáneo, como en sus funciones sociales en la escuela o en sus aportes a la formación del individuo en su aspecto creativo, sí resulta necesario enmarcar el actual estudio con un análisis contextual que sirva de referencia para la comprensión de los datos y las recomendaciones que se aportan. Una breve historia de la educación artística resulta necesaria para comprender el marco en el que llevamos a cabo este estudio. Con esta intención proponemos una relectura comentada del artículo que en 1965 publicara Elliot W. Eisner sobre el currículo en la educación artística (Eisner, 1965), que nos sirve como arranque de esta contextualización.

Eisner ya en 1965 insiste en que no hay área de mayor importancia e impacto en el campo de la investigación educativa que la que se ocupa del currículo y tras resumir las iniciativas que respecto de la enseñanza del dibujo se suceden en el currículo de las escuelas americanas desde 1840 en adelante, lista como factores de peso las crisis económicas, las circunstancias demográficas y las corrientes culturales en la definición de los currículos. Entre las orientaciones que enumera en los contenidos curriculares de la enseñanza del dibujo podemos encontrar todas las tendencias aún vigentes: la coordinación entre el ojo y la mano, la instrucción vocacional en oficios artesanales con demanda social, la educación moral de los educandos, el mantenimiento de las élites culturales, el interés por la psicología evolutiva infantil y su estudio a través del dibujo, el desahogo emocional a través de la expresión no verbal de raíz freudiana, la facilitación

en la transmisión conceptual y abstracta de los contenidos de otras áreas, la transversalidad entre las materias abogada por Dewey y la potenciación de la creatividad inherente en el niño. Eisner nos hace tomar conciencia de la necesaria contextualización que requiere cualquier iniciativa que abogue por cambios en el currículo artístico poniendo su propio caso como ejemplo: la iniciativa surge de una presión comparativa (*“Curriculum development centers have been established in math, science, foreign language, economics and in English but none in art education”*)-“Se han establecido centros de desarrollo curricular en matemáticas, ciencias, idiomas, economía y lengua pero ninguno en artes”), de una abundancia de medios (*“Money is available to support serious work both in research and in curriculum experimentation”*)-“Hay dinero disponible para apoyar trabajo serio tanto en investigación como en experimentación curricular”), de ciertas inercias culturales que puedan arrastrarnos hacia la reacción (*“good art is a matter of personal taste”*)-“el buen arte es cuestión de gusto personal”) o de ciertos discursos que se extienden entre los profesionales que puedan ser no tan progresistas más allá de la señalización tribal de estar a la moda (*“a great many art teachers judge the effectiveness of their teaching in terms of the number of different media they include”*)-“Una gran cantidad de profesores de arte juzgan la eficacia de su enseñanza en función de la cantidad de técnicas que usan”). La crisis que entonces diagnosticó, la iniciativa que se puso en marcha como respuesta y la propuesta teórica que aporta son ya parte de la historia de la educación artística, y siguen proporcionando perspectiva a muchos de los debates actuales. En particular su llamada de atención sobre el peligro de convertir a las disciplinas artísticas en silos aislados con categoría de excepcionalidad en la Academia y su certera aseveración sobre que la creatividad no es en absoluto rasgo preferencial ni exclusivo de las disciplinas artísticas son desde la perspectiva actual de una gran lucidez y pertinencia. El millonario interesado por la educación de su época dio libertad y financiación para llevar a cabo estas propuestas y a través del Centro Getty para la Educación en las Artes, Dwaine Greer en 1984 promovió el programa de *“Discipline Based Art Education”* (Educación artística como disciplina, EACD), que ponía en práctica la división del currículo artístico en tres áreas: los aspectos productivos, los aspectos críticos y los aspectos históricos. Se pretendía que los alumnos fuesen capaces de producir arte mediante la adquisición de técnicas y la práctica artística, de hablar y opinar sobre arte mediante la adquisición del lenguaje y de contextualizar y valorar el

arte mediante el conocimiento histórico. En 1993 Greer publica el artículo *“Developments in Discipline-Based Art Education (DBAE): From Art Education toward Arts Education”* (Greer, 1993), que es un buen resumen de los devenires de la iniciativa.

Esta historia americana del siglo XX retrata circunstancias alejadas en tiempo y espacio que no se corresponden al detalle con nuestra actual situación, pero de la que podemos extraer similitudes y patrones generalizables para entender nuestro presente. En los años sucesivos el Currículo Postmoderno, la Teoría Crítica o la Educación para la Cultura Visual entre otras, desarrollan y expanden el campo de la educación artística. Un buen resumen de las relaciones entre las tendencias y su repercusión hasta la actualidad puede encontrarse en el trabajo de Susan W. Stinson como editora de la sección 2 sobre currículo en el *International Handbook of Research in Arts Education* (Bresler, 2007b) en el que temas más amplios de esta “complicada conversación” en la que se ha convertido la investigación sobre currículo en la enseñanza de las artes se resumen y referencian. Así, es importante tener en cuenta corrientes que aunque no se abordan en este trabajo directamente, son pertinentes en la discusión general sobre el currículo de artes y afectan a nuestra investigación: la creatividad, la educación estética, la integración de las disciplinas en el currículo, las metodologías de investigación y sus constricciones, las especiales características de la enseñanza de las artes, la relación entre práctica e investigación, y los efectos de las políticas educativas. Preguntas relevantes sobre quién decide qué se debe estudiar, en el interés de quién se escriben los planes de estudio, cómo medir los beneficios de las artes en los logros académicos de otras disciplinas en los programas que abogan por la integración del currículo, o los perjuicios que estos mismos programas que instrumentalizan las artes como asistentes o secundarias de las disciplinas más canónicamente académicas tienen sobre el desarrollo de un currículo artístico per se, cómo medir los beneficios “blandos” de las artes en crecimiento personal, desarrollo emocional y habilidades sociales y comunicativas, cómo abordar la multi, inter, trans disciplinariedad necesaria, son preguntas que se entrecruzan en esta “complicada conversación”. Algunos de los temas recurrentes son la unión de las disciplinas, el carácter académico o antiacadémico de las artes y los problemas de valoración y evaluación de nuestras disciplinas en los sistemas de eficiencia. En este estudio queremos añadir preguntas sobre la pertinencia de las técnicas digitales y la relevancia de la actualización técnica como vía



para mantener una autonomía profesional y un lugar social propio. En nuestro caso concreto, el currículo en vigor en la educación secundaria en España, un tercio del tiempo de las artes se dedica a adquirir destrezas de geometría descriptiva con compás, escuadra y cartabón. Y si bien se puede argumentar que el arte es una manera de hacer, en la mente, un uso de la imaginación, que puede ocurrir independientemente de las técnicas usadas, incluso de la disciplina, también hemos de admitir que infligir una técnica concreta en un tercio del programa ofrecido es una medida poco flexible. Si la técnica en cuestión ha perdido toda relevancia profesional es un claro perjuicio a los alumnos, que podrían ejercer su imaginación de igual manera mediante técnicas más actuales.

En la redacción del currículo artístico en España vigente en 2019 están presentes algunos de los debates que estas fuentes apuntaban añadidos a otros que imponen nuestras circunstancias. En nuestro marco actual asistimos a iniciativas como REDE (Fundación Cotec, 2018) que reúne actores sociales en torno a la actividad educativa con intención de elaborar un discurso estructurado y profesional. La convergencia con el sistema europeo y la legislación del estado de las autonomías son fuerzas modeladoras de la normativa educativa. La presión estandarizadora de la normativa europea refleja las tensiones entre la tradición de la instrucción artística centrada en el modelo de taller y trabajo manual enfrentada al modelo académico discursivo y teórico. En esta tensión se enmarca por ejemplo el actual debate sobre la pertinencia del doctorado como etapa final de una educación artística integrada en el sistema académico tradicional, y su concreción en la práctica. Las disciplinas han continuado en la deriva aislacionista que apuntara Eisner, hasta el punto de que el currículo del bachillerato artístico excluye totalmente las matemáticas. La tensión entre el modelo público (europeo) y el privado (americano), en sus polos enfrentados del funcionario gris que perpetúa instituciones generalistas y el millonario filántropo que revoluciona la educación, caricaturas ambas del panorama posible pero eficaces ordenadoras de lo cotidiano, esconde preguntas de fondo sobre ¿para qué sirve la educación artística? ¿Debe ser obligatoria o vocacional? ¿Cómo se promueve la creatividad? Con la globalización estas diferentes formas de entender la cultura entran en competencia, proceso del que desconocemos aún su futuro resultado. Se suma a esta situación la digitalización, una fuerza incontrolable de cambio social que no espera a que tengamos respuestas elaboradas.

A mi entender el resumen más ajustado y concreto que podemos encontrar de los devenires a que las sucesivas leyes de educación nos han expuesto en los últimos años está en el texto de Isabel Merodio para el libro “Educación artística en España” (Díaz-Obregón y Scholz, 2010), que puede encontrarse publicado en su blog (Merodio, 2010). En un ordenado y conciso repaso a las sucesivas leyes que ordenan, o desordenan, el currículo de la educación secundaria podemos encontrar ecos del debate con el que arrancábamos esta sección en la América de los ochenta y otros que nos caracterizan, incluso dolorosamente, en nuestra actual tesitura.

#### 2.1.4.2 La inteligencia espacial, la creatividad y el dibujo técnico en la educación secundaria, conexión con la superior y el mercado laboral

De entre los muchos formatos y objetos culturales y sociales que la tecnología digital nos ha traído en las últimas décadas ninguna atrae tan poca atención como la geometría digital. Podemos encontrar con relativa facilidad estudios sobre hipervínculos, portfolios, avatares, ciborgs, blogs, distopías tecnófobas, utopías tecnófilas, AI, *big data*, educación de precisión, instrucción en línea, moocs, *makers*, reconocimiento facial y biométricas, comunidades de conocimiento digital, internet como espacio cognitivo, alfabetización digital, gamificación, el pensamiento computacional, el *blockchain*, los videojuegos y un largo etcétera de nuevas fenomenologías del mundo digital.

En este estudio nos centramos en la geometría digital como estrategia para acotar el campo de investigación, pero no sólo la geometría se ha digitalizado, todo el tratamiento de imagen, desde el dibujo de línea, la fotografía, la pintura, la animación, la ilustración, hasta el garabateo tienen su desarrollo en formato digital, coexistiendo o sustituyendo las prácticas sobre papel. Ciertamente en los formatos digitales siempre subyace una más o menos explícita formulación geométrica en la codificación y renderización sobre la pantalla de la imagen, por lo que consideramos que los conocimientos sobre geometría digital, junto con los de color digital y otros conceptos técnicos propios del soporte pantalla como la resolución, son piedras de toque fundamentales para la capacitación en el uso creativo de estos formatos.

Una clara divergencia entre el desarrollo histórico de los currículos artísticos en la educación media de Estados Unidos y Europa está en el tratamiento de la Geometría. Mientras que en

Europa la tradición del canon medieval ha mantenido la geometría como uno de los estudios troncales, en el sistema americano se pospone esta enseñanza hasta los estudios superiores por considerarla de especialización. A pesar de esta diferencia, la relación de la Geometría con la Educación Artística es culturalmente similar en ambas sociedades, en las que es habitual contraponer el pensamiento lógico-racional de materias como las matemáticas a las aportaciones emocionales, creativas y expresivas con las que se caracterizan las artes. Mientras que los planes de estudios artísticos superiores en Europa mantuvieron la geometría como materia troncal, en muchos casos esta era vista como un vestigio de la academia que desaparecería junto con la anatomía o el dibujo de ropajes. La geometría descriptiva y la analítica encontraron su lugar en los planes de estudios en los programas de arquitectura e ingeniería, caracterizándose así como instrumentos técnicos de proyectación y construcción, sin considerar su participación en la promoción de la creatividad. La geometría es, al fin y al cabo, una rama de las matemáticas y como tal resultaba disonante en el discurso postmoderno artístico de finales de siglo XX. Hasta el momento ninguna de las nuevas técnicas artísticas había reclamado los saberes geométricos como médium creativo, los usos de la óptica en el lenguaje audiovisual puede ser lo más cercano si se fuerza el paralelismo.

El tratamiento espacial de la geometría, en su aspecto de geometría descriptiva, se ha valorado en los currículos como complemento de la geometría analítica, y aparece tanto en las asignaturas de dibujo como en las matemáticas. La constatación de que a pesar de tratar en ambos casos los mismos problemas espaciales las soluciones aportadas desde muy diferentes acercamientos intelectuales comprometen diferentes habilidades cognitivas no necesariamente relacionadas ha sido manifiesta desde hace décadas. Las habilidades espaciales y las analíticas se miden en los test de inteligencia como capacidades no relacionadas entre sí (Shah y Miyake, 2005), y todo profesor con cierta experiencia sabe que alumnos muy brillantes y capaces en resolución de problemas analíticos pueden responder a los problemas espaciales de resolución gráfica de manera muy pobre, o viceversa. El entrenamiento de ambas capacidades entendidas como aspectos de la inteligencia ha estado entre los objetivos de las etapas de educación secundaria desde su comienzo y continúa siendo objeto de estudio (Goktepe Yildiz y Ozdemir, 2018)(Olkun, 2003) En estos estudios actuales la geometría descriptiva se denomina en muchos casos “dibujo

ingenieril” para separarlo del dibujo artístico y las conversaciones tienen lugar en revistas especializadas en educación científica, técnica o en el común puente del Diseño. Los estudios con mayor repercusión y difusión en esta área son las caracterizaciones de las habilidades espaciales por género (Linn y Petersen, 1985), que llegaron a utilizarse como argumento explicativo de la brecha de género en las vocaciones científicas y técnicas. Con el auge de las aproximaciones manipulativas a la enseñanza de las matemáticas asistimos de nuevo a numerosos estudios centrados en las soluciones espaciales y gráficas de los problemas geométricos aunque en la mayoría de los casos y como signo de modernidad, prescindiendo de las reglas y el compás (Uttal y Cohen, 2012). Las presiones que podemos encontrar en la literatura especializada por incorporar más geometría descriptiva o dibujo ingenieril a los currículos de educación primaria y secundaria para desarrollar así las capacidades espaciales están relacionadas con las necesidades profesionales de las áreas de ingeniería y arquitectura, sobre todo en países de tradición anglosajona, que encontraban a los alumnos en la etapa superior pobremente preparados para lo que se les requería y en muchos casos ignorantes sobre sus propias capacidades y talentos por falta de exposición a las disciplinas.

En general, la enseñanza tradicional de las matemáticas ha puesto el centro de gravedad de la disciplina en el álgebra y arrastra factores culturales que empiezan a ser revisados con ayuda de los cambios de paradigma que la digitalización aporta. Un ejemplo es el reciente trabajo que relaciona el cambio actitudinal con los resultados en los exámenes en matemáticas a través de un curso en línea gratuito (Boaler, Dieckmann, Pérez-Núñez, Sun y Williams, 2018).

De aquella lista de factores que Eisner nos avanzara en el artículo con el que comenzamos esta sección sobre el currículo, y de la que ya hemos abordado varios de los mencionados, la creatividad es sin duda la que mayor relevancia ha cobrado desde entonces, si bien no en políticas educativas concretadas en textos curriculares si en la literatura científica especializada y en el discurso de recomendaciones educativas de la OCDE. Las propuestas sobre inteligencia y creatividad de Howard Gardner (Gardner, 2011), Mihalyi Csikszentmihalyi (Csikszentmihalyi, 2013) y James C. Kaufman (Sternberg y Kaufman, 2013) configuran una nueva aproximación a la creatividad en su naturaleza mixta de rasgos heredables y construcciones sociales. Estudios

científicos se acercan a las ideas tradicionales sobre creatividad para tratar de enmarcar con una aproximación moderna este concepto complejo (Sternberg, 1999)(Sawyer, 2012). Algunos de los estudios se ven acompañados por sugerencias sobre cómo llevar a la escuela el desarrollo de la creatividad (Beghetto y Kaufman, 2017), si bien en otros puntos de vista que presentan la naturaleza del trabajo creativo como fundamentalmente solitaria y personal, basada en la motivación intrínseca y la práctica intensiva de la concentración y la atención enfocada, se acaba por sugerir que quizá la escuela, en su carácter eminentemente social, no sea el lugar adecuado para el desarrollo de la práctica creativa (Csikszentmihalyi, 2014). En una aproximación menos teórica y con los pies en las aulas el trabajo de Julian Sefton-Green (Sefton-Green, 2020) es un buen compendio de la intersección entre creatividad y cambio digital en la educación artística, con atención a los estudios culturales y un arco de actividad en el que contextualizar el desarrollo del campo desde los años 90 hasta nuestros días.

En cuanto a lo que nos concierne, el acuerdo es total respecto a un rasgo de la creatividad y su promoción desde el currículo: aplicar diferentes caminos cognitivos de solución de un mismo problema es una característica de la mente creativa. Las relaciones entre materias y disciplinas generan conexiones en la comprensión del mundo, relaciones pertinentes que abren el campo de la innovación. En contra de la visión romántica de la creatividad natural infantil, emocionalmente ligada al subconsciente, que se arruina con la formación socializada y la adquisición de sistemas formales complejos, el nuevo retrato de la creatividad es una actividad de la mente madura, formada de la manera más polifacética posible y prestando atención a los talentos personales de cada individuo en un entorno social sin excesivo estrés interno.

Así como técnicas que tradicionalmente se habían relacionado con la creatividad, como la lluvia de ideas (Osborn, 1948) o el test de los usos alternativos (Guilford, 1967), han sido muy matizados tras un examen más detallado (Rietzschel, Nijstad y Stroebe, 2006) (Kudrowitz y Wallace, 2013) (De Bruyckere, Kirschner y Hulshof, s. f.) y la relación de la creatividad con la personalidad o con la enfermedad mental siguen siendo objeto de debate, los nuevos modelos que relacionan la creatividad con las altas capacidades, el pensamiento divergente y la motivación intrínseca en ambientes emocionalmente equilibrados y seguros en los que los conflictos puedan ser

explicitados y abordados con expectativas de éxito (Nemeth, Personnaz, Personnaz y Goncalo, 2003) nos dan un marco de trabajo lleno de posibles aplicaciones curriculares. En lo que a la tesis que aquí presentamos concierne, introducir en el currículo la práctica de diferentes soluciones cognitivas a problemas complejos como puede ser la geometría en sus aspectos analíticos, descriptivos o computacionales desde etapas iniciales puede formar las mentes de los alumnos en capacidades espaciales, analíticas, lógicas y formales con resultados en una más amplia comprensión de los problemas complejos (Pittalis y Christou, 2010). La relación entre las capacidades espaciales y la creatividad empieza a verse reflejada en trabajos como *“Spatial Perception and Creativity”* (Janos Baracs, 2013) y en estudios que apuntan al uso de estas habilidades como precisos predictores de mayor capacidad creativa y alto rendimiento en las áreas llamadas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) (Kell, Lubinski, Benbow y Steiger, 2013), algo que tradicionalmente se había ligado a las habilidades matemáticas. A medida que esta relación entre las capacidades espaciales y la creatividad queda reforzada por sucesivos estudios emerge una llamada a incorporar este conocimiento a las instituciones educativas en las que, como apunta el Profesor David Lubinski *“Students especially talented in spatial visualization relative to their status on mathematical and verbal reasoning are particularly likely to be underserved by our educational institutions.”* (“Aquellos estudiantes especialmente dotados para la visualización espacial en relación con sus capacidades para el razonamiento matemático y verbal son particularmente propensos a ser desatendidos por nuestras instituciones educativas.” Traducción de la autora.) (Kell et al., 2013)

Una última consideración sobre la naturaleza de la creatividad humana está en la pregunta sobre su carácter intencional y consciente o si puede en cambio desarrollarse como una sucesión escalonada de competencias sin comprensión tal y como se plantea la adquisición de los principales sistemas formales desde la infancia en escuelas de todo el mundo. ¿Es posible enseñar a crear o podemos sólo promover que se cree? De la misma manera que no todos los que aprenden a leer son lectores ávidos y al evaluar la comprensión lectora en adolescentes descubrimos niveles escalonados que reflejan tanto factores sociales como capacidades individuales, cabe estudiar si de igual manera el entrenamiento de las habilidades espaciales o la creatividad pueden hacerse accesibles de manera general para promover estos talentos.

La geometría es un área con muchos atractivos desde el punto de vista de la enseñanza (J. Baracs, 2002). Encontramos en ella una abundancia de problemas interesantes e intrincados, una relación con la historia del desarrollo de las matemáticas, la construcción, la filosofía y otros aspectos de la civilización y una fuerte conexión con nuestras inclinaciones estéticas anclada en su relevancia en la percepción visual. No es difícil encontrar maneras de interesar a los alumnos desde alguna de estas aproximaciones, y sin embargo podríamos decir que la Geometría como médium artístico y creativo dormía el sueño de los justos hasta que el desarrollo digital y computacional de la disciplina la despertó en el siglo XXI. Como hemos visto en la breve historia de la geometría digital, han pasado seis décadas escasas desde que las representaciones digitales se hiciesen necesarias y comenzase el desarrollo de esta rama de la disciplina. El impacto en la enseñanza de la nueva geometría, necesaria para la vida profesional, se observa en primer lugar en los niveles superiores, más próximos a la actividad laboral, como objeto de investigación en las Universidades o como instrucción de emergencia en la educación no formal. Adquirir las nuevas herramientas o investigar los nuevos conceptos es una primera reacción que se concreta en cursos de especialización añadidos como etapa final de los estudios. Manuales de las nuevas disciplinas, recogen los casos de uso y catalogan los nuevos conceptos y habilidades requeridos, y centros de investigación y desarrollo en las Universidades toman como tema la forma geométrica a explorar. Valgan como ejemplo el libro de Jane y Mark Burry (J. Burry y Burry, 2010) o el centro *Shaping Space* de la Universidad Politécnica de Berlín (University of the Arts (UdK) y Technische Universität (TU), 2019)

La disciplina que con esta renovación de habilidades queda obsoleta o reducida a funciones motivacionales y secundarias es sin duda la Geometría descriptiva. En el currículo de secundaria estos conocimientos ocupan un tercio del total del tiempo dedicado a la asignatura de Educación Plástica y Visual. Y mientras que el cambio de foco en la enseñanza de la geometría está siendo muy bienvenido entre los docentes del área de matemáticas que encuentran así una manera de aliviar el exceso de atención sobre el álgebra y la numeralización con la que tradicionalmente carga la asignatura, en el área artística no encontramos debate alguno al respecto, ni casos de uso, ni literatura especializada. El debate lo podemos encontrar en la adaptación de los estudios superiores, especialmente en Arquitectura (Duarte et al., 2012). Iordanova lo sintetiza en

*“Teaching Digital Design Exploration: Form Follows...”* (“Enseñando a explorar en Diseño Digital: la forma sigue a la...”) de la siguiente manera:

*“With the use of computer visualization, descriptive geometry lost its unbothered position in the curriculum; and mathematics and geometry courses started being considered obsolete. However, the role of geometry for amplifying spatial perception and imagination, as well as the role of mathematics in developing logics and reflective process are well known (...). There are international discussions engaged on these issues (in the Nexus Network Journal, for example). Some fundamental questions on the objectives of architectural education in general are being asked: For instance, should it prepare for one profession, or should it provide a methodological-cultural background that allows for future flexibility? The content of geometry courses is being reconsidered in light of the latest requirements to the architectural profession. Two main objectives are being pursued: developing spatial thinking and imagination; and preparing for an informed and active use of computational geometry software, or even for ‘toolmakers’.”*

[Con la llegada de la visualización por ordenador la geometría descriptiva perdió su indisputado lugar en el currículo y los cursos de matemáticas y geometría comenzaron a perder vigencia. Sin embargo, el papel de la geometría para amplificar la percepción espacial y la imaginación, así como el rol de las matemáticas en el desarrollo de las capacidades lógicas y los procesos de reflexión es bien conocido (...). Hay discusiones en foros internacionales que abordan estos temas (en el *Nexus Network Journal*, por ejemplo). Se plantean preguntas fundamentales sobre los objetivos de la didáctica de la arquitectura en general: por ejemplo, ¿debería ser preparación para una profesión o debería proporcionar un trasfondo metodológico-cultural que permita una flexibilidad futura? El contenido de los cursos de geometría está siendo reconsiderado a la luz de los últimos requisitos profesionales en arquitectura. Se persiguen dos objetivos principales: desarrollar el pensamiento espacial y la imaginación; y capacitar para un uso informado y activo de los softwares de geometría computacional, incluso para fabricar herramientas (de software)] Traducción de la autora. (Iordanova, 2007)Page 689.



En nuestro currículo actual hasta un tercio de la materia del departamento que seguimos llamando “Dibujo”, a pesar de las sucesivas variaciones de nomenclatura que las leyes nos han dado, sigue centrado en la enseñanza de Geometría Descriptiva. La razón - quizá olvidada - para que así fuese, estaba en la conexión con las disciplinas superiores que profundizaban en esta materia y que requieren que los alumnos hayan adquirido de manera temprana ciertas habilidades y exposición que les permita reconocer sus inclinaciones y talentos. Las nuevas aproximaciones a la disciplina remarcan el papel de la creatividad y el pensamiento espacial y visual, con herramientas de inteligencia artificial e interfaces gráficos que cada vez en mayor medida minimizan las exigencias de programación explícita y permiten aplicar conceptos de manera general e inmediata. Esta conexión del dibujo de escuadra y cartabón con la educación superior desaparece cuando asistimos a la adopción generalizada de programas CAD en los estudios de ingeniería y arquitectura, y nos obliga a replantear los contenidos del currículo de Secundaria en concordancia, aprovechando las nuevas y atractivas posibilidades y asegurándonos de que seguimos proporcionando a los alumnos las bases de autoconocimiento y conexión con la realidad que necesitan. Sin embargo, en los trámites formales con los que se ordena la actividad docente, elementos de regulación de facto de la acreditación de los alumnos y del acceso de los docentes a la carrera profesional, seguimos encontrando pruebas basadas en la realización de problemas de geometría descriptiva. Estos exámenes requieren una exigente preparación específica en tiempo y esfuerzo y funcionan como filtro de mérito para el acceso a la Universidad o a las plazas públicas del Cuerpo de Profesores de Secundaria de la especialidad de Dibujo.

Entre las iniciativas que podemos encontrar abordando esta compleja situación y proponiendo posibles respuestas destacan por su aplicación a la educación artística tradicional de las Escuelas de Arte las voces del campo del diseño, como es el caso de Faramarz Amiri (Amiri, 2011). Siguiendo sus recomendaciones empezamos a vislumbrar un posible modo de aplicar en nuestra área de manera enriquecedora las nuevas técnicas sin tener que recurrir a la aplicación ciega de las mayoritarias tendencias surgidas en otras áreas con intereses más formales como las matemáticas. La geometría es, efectivamente, una rama de las matemáticas, y como tal pertenece entre los contenidos de esta asignatura, pero no debemos perder de vista las razones

por las que encuentra su lugar en el currículo artístico y las enriquecedoras diferencias que aportan estas aproximaciones en la formación de los alumnos.

Constatamos así, como elaboraremos más adelante en el transcurso de este trabajo, que el contexto actual no aborda la investigación en materia de tecnología digital desde el punto de vista de su instrumentalidad para las artes plásticas o del impacto que pueda tener sobre las disciplinas artísticas en la enseñanza secundaria. En este contexto, en el que las disciplinas parceladas y ensimismadas no repercuten los cambios tecnológicos, en el que se añaden contenidos o bien al margen en forma de nuevas asignaturas o al final de las etapas educativas como transición rápida al mercado laboral, manteniendo momificadas las disciplinas tradicionales a la espera quizá de un cambio generacional que no llega a los ritmos tradicionales, los olvidados son sin lugar a dudas los alumnos.

Por último queda reseñar que en la enseñanza de la geometría digital se perfilan diferentes retos pedagógicos mediados por el cambio tecnológico, que encuentran escaso acomodo en la actual programación. Un caso concreto y específico de esta circunstancia es el de los usos y enseñanza del concepto de escala. La percepción y la codificación de las escalas son radicalmente diferente cuando las herramientas permiten ampliación y reducción interactiva de la imagen. Siendo la proporcionalidad uno de los conceptos básicos de la geometría a los que se les dedica tiempo y esfuerzo por parte de profesores y alumnos, los nuevos medios requieren estrategias específicas y diferentes de las que han caracterizado tradicionalmente este tema. Como este caso concreto en el que el medio introduce cambios pedagógicos, conceptuales, técnicos, muchos otros pueden servir como ejemplo del cambio al que en la actualidad tratamos de adaptarnos y el trabajo que espera desarrollo.

#### 2.1.4.3 Las competencias

Gary Becker y Theodore W. Schultz desarrollaron en los años 60 desde el campo de la economía la teoría del capital humano. En esta teoría la educación era concebida como un factor de producción directamente relacionado con el crecimiento económico de una sociedad, una inversión que podía medirse en tasas de retorno. En el año 1973 Edgar Faure dirige un informe desde la UNESCO titulado “Aprender a ser” (Faure, 1973), y David McClelland publica un artículo

llamado *“Testing for competence rather than for “intelligence”*” (Exámenes de competencias más que de inteligencias) (McClelland, 1973) en el que llama la atención sobre la poca capacidad predictiva de los resultados académicos sobre el futuro éxito laboral. Estos aportes teóricos fueron la base de partida para que el *Center for Educational Research and Innovation* (CERI), creado en 1968 para el diseño de políticas económicas, comenzase a trabajar en definir las competencias en proyectos como el de Competencias Curriculares Transversales y otros muchos (OECD, 2012). La implantación del modelo educativo por competencias en Europa fue impulsada por Jaques Delors, Presidente de la Comisión Europea entre 1985 y 1995 e impulsor de dos libros blancos sobre cualificación y reformas educativas dirigidas al empleo. Fue autor ya desde la UNESCO, del informe *“La educación encierra un tesoro”* (Delors, 1996) que tiene al mencionado informe de Fauré como referencia. Desde UNESCO se sigue esta línea de comunicación en el presente, con la iniciativa *“Futures of Education”* que tiene como meta el año 2050, y cuya encuesta en línea está activa.

La Unión Europea en la Estrategia de Lisboa de 2000 incluía líneas de acción en educación que se concretaron en 2006 en un marco de referencia europeo que España incorpora en la LOE, ese mismo año. Estas líneas de acción se centraban en un diagnóstico sobre los futuros efectos de la mecanización y robotización en el mercado laboral y un tratamiento centrado en las competencias tal y como el trabajo de la OCDE venía definiéndolas. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) había lanzado el proyecto DeSeCo (Definition and Selection of Competencies) (OECD, 2001) en los últimos años 90, junto con el programa PISA, Programa para la Evaluación Internacional para Estudiantes, apoyándose fundamentalmente en la idea de competencia como concepto innovador que permitiría un estudio comparativo a nivel global y, en última instancia, la reforma educativa.

“Una competencia es la capacidad para responder a las exigencias individuales o sociales o para realizar una actividad o una tarea (...) Cada competencia reposa sobre una combinación de habilidades prácticas y cognitivas interrelacionadas, conocimientos (...), motivación, valores, actitudes, emociones y otros elementos sociales y

comportamentales que pueden ser movilizados conjuntamente para actuar de una manera eficaz.” (OCDE, proyecto DeSeCo, 202, p. 8).

Desde la OCDE se resalta que el mayor impulso que mueve los esfuerzos en el área de las competencias viene de los sectores empresariales, y de hecho el lenguaje que se utiliza en estos informes y el modelo sobre el que se basan es de fuerte influencia economicista. Entre las ventajas que se enumeran de la aplicación de las competencias están el aumento de la productividad, la mejor competición de mercado, el descenso del paro y la creación de un entorno de innovación. A estas ventajas se suman otros objetivos sociales, como el aumento de la participación individual en las instituciones democráticas, mayor justicia y cohesión social y el fortalecimiento de los derechos humanos. La influencia de estos programas de recogida de datos y su publicación en forma de clasificación, comparando los resultados por países en tablas de “mejor a peor” ha sido importante en los últimos años tanto a nivel de debate público en los medios de comunicación como a nivel de actuaciones legislativas y políticas en muchos países alrededor del mundo. En el caso español, las políticas educativas de los últimos años han utilizado los datos y las publicaciones de este proyecto de la OCDE de manera acrítica, introduciendo como capas de burocracia “de arriba abajo” los conceptos y estándares en la normativa a nivel nacional, regional y local. En 2015 y como desarrollo de esta iniciativa se publica la orden por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2015) y su desarrollo en la Comunidad de Madrid (Consejería de Educación Juventud y Deporte. Comunidad de Madrid., 2015). Estos documentos son la referencia para programar de los docentes en la actualidad y son los que se han tomado como referencia en la parte experimental de esta investigación. Respecto a la normativa anterior podemos señalar que se cambian ciertas denominaciones y desaparecen los objetivos para listar estándares de aprendizaje, que se corresponden con las competencias, pero por lo demás no hay cambios radicales respecto al texto anterior. Las horas lectivas de la asignatura de Educación Plástica y Visual se ven afectadas a la baja en los sucesivos planes de estudios, pero los contenidos se mantienen y las ambiciones declaradas en la introducción del texto son cada vez mayores. Se sigue hablando en la introducción de este Real Decreto de que “Se realiza también especial

hincapié en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la imagen”, pero se mantiene el bloque de “Dibujo técnico” con sus referencias a las tecnologías del papel, el de “Expresión Plástica” con referencias a la variedad de los materiales y la creación de arte en el sentido más tradicional y el de “Comunicación audiovisual” con un sentido más moderno - cuando lo era en los años 70 – con referencias a la imagen en movimiento. El hincapié en las tecnologías digitales no se especifica como tal en ningún desarrollo del texto. Todos los estándares presentes en el texto se pueden rastrear a objetivos del texto anterior, casi palabra por palabra, no suponen un cambio ni radical ni innovador en manera alguna. Una comparativa de los cambios que de facto introduce el último aporte legislativo desde el punto de vista de aplicación docente puede consultarse en el documento elaborado por el sindicato mayoritario (Federación de Enseñanza de Comisiones Obreras. Gabinete Jurídico., 2015) Para un estudio detallado de la normativa y su evolución se han de consultar los siguientes decretos y normas:

- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria
- ORDEN ECI/2220/2007, de 12 de julio, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación secundaria obligatoria.

Un buen ejemplo de cómo ha repercutido en la escuela en España puede leerse en el blog de Fernando Trujillo Sáez (Trujillo, 2017, <http://fernandotrujillo.es/por-que-han-fracasado-las-competencias-en-educacion-lecciones-para-futuros-intentos-de-innovacion-educativa/>) . La desconexión entre la comunidad docente y las reformas introducidas ha llevado a una muy baja repercusión de facto de toda la actividad generada en la organización internacional y a una general desconfianza en las acciones que emanan de un organismo que se percibe cada vez más como un ejemplo de cómo una cierta élite que se autodefine como de “altas competencias” puede de hecho estar perdiendo relevancia a gran velocidad en los cambios globales que declaran estar monitorizando. La iniciativa fracasó por no tener en cuenta el más básico y asentado de los conocimientos en cuanto a reforma educativa, aquel que constata que los sujetos

que las ejercitan son los docentes. En palabras del autor, tomadas del blog citado: “Así, frente a las opiniones de los expertos externos, podríamos haber optado por apelar a la *competencia derivada de la experiencia (expertise)* del profesorado, especialmente en relación con las competencias más vinculadas con el currículo y sus materias tradicionales.”(Trujillo, 2017, <https://fernandotrujillo.es/por-que-han-fracasado-las-competencias-en-educacion-lecciones-para-futuros-intentos-de-innovacion-educativa/>)

La actividad del proyecto de Competencias y de Pisa es extensa, con numerosas publicaciones anuales hechas accesibles vía web en la sede de la OCDE. En el informe de la OECD *Skills Strategy* de 2019 (OECD, 2019) podemos encontrar varias características de estos informes y las sugerencias que elaboran. Proponemos a continuación un análisis detallado de este informe del que podamos extraer ciertos rasgos comunes a los trabajos que nos proporciona esta organización.

- Se presentan como referencia global en el campo de la educación comparada y la investigación educativa. Como parte de su papel como observatorio internacional identifican lo que han dado en llamar las “megatendencias”, que son vistas en su aspecto negativo como cambios y factores de riesgo. Se enumeran digitalización, globalización, envejecimiento y migraciones, sin referencia específica al calentamiento global ni al índice de natalidad negativo. En una primera introducción se presentan conclusiones que reflejan las dificultades del trabajo entre grupos interministeriales e interestatales haciendo hincapié en problemas como la falta de coordinación y comunicación cuando los implicados pertenecen a estructuras administrativas y políticas segregadas de países diversos. Son informes de tono conservador en el sentido en que tratan de alertar de riesgos. Entre los peligros a evitar se encuentran la creciente automatización y su repercusión en el mercado laboral, los “equilibrios de competencias bajas” en las sociedades envejecidas y la pérdida de competitividad en los mercados internacionales.
- Utilizan los datos comparativos que generan para promover reformas a nivel global sin debate en la metodología o el modelo de análisis de los datos propio de la revisión por pares de las publicaciones científicas. En el mencionado informe por ejemplo a partir de

los datos que señalan una falta de correlación entre alto nivel formativo y alto nivel competencial, un desajuste entre la enseñanza universitaria y las necesidades de los mercados laborales, abogan por una ampliación de las enseñanzas aplicadas como la Formación Profesional y la consecuente reducción de la formación universitaria. Estas conclusiones ahondan en la separación tradicional entre la carrera académica y la profesional al igualar el concepto de “altas competencias” con las capacidades abstractas e intelectuales y equiparar “bajas competencias” con las capacidades manuales y físicas. Esta es una inercia cultural arraigada en Europa que está ligada a la organización social y las jerarquías o status percibidas por la mayoría, y que tienen su influencia en la enseñanza de las Artes y su organización de manera prominente. Las competencias pueden ser “altas” o “bajas” en cada categoría, pueden ser más o menos requeridas por el mercado laboral, más o menos costosas de adquirir, etcétera, pero profundizar la división manual-intelectual es un camino muchas veces recorrido sin aportaciones de mejora. Mientras la pertenencia a las élites tenga como rasgo característico una formación universitaria (tómese como ejemplo los perfiles de los autores del propio informe) servirá de poco tratar de promover otras vías de instrucción para el mercado laboral medio.

- Utilizan lenguaje propio de los medios empresariales y publicitarios. A lo largo de todo el informe el lenguaje competitivo y comparativo es un freno constante a planteamientos de mayor comprensión. Una óptica competitiva y un discurso economicista se reproducen en todo el texto, por ejemplo al caracterizar las competencias como rasgos de maquinaria en una industria: obsolescencia, oferta, demanda, desperdicio de la inversión inicial, depreciación. Un lenguaje propio del marketing y la publicidad toma el relevo cuando se tratan los valores sociales o emocionales con slogans como “aprovechar al máximo el potencial de todas las personas” y vaguedades sin concreción semejantes.
- Ignoran el bagaje conceptual, la terminología y las principales tradiciones teóricas del campo de la investigación educativa. Entre las ausencias notables destacan dos términos que parecerían de base en el campo de la investigación educativa y que sin embargo se elude mencionar: ninguna referencia a la inteligencia y muy escasas al currículo puede

encontrarse en página alguna de estos informes. En lugar del término inteligencia prefiere hablarse de “Resolución de problemas complejos” o “Creatividad”, dejando de lado décadas de estudios en la materia. En las escasas ocasiones en las que se propone un cambio curricular se hace de forma anecdótica y sin conocimiento del medio, por ejemplo al sugerir que se introduzcan actividades de *voluntariado* en el programa *obligatorio*.

- Esta superficialidad en el conocimiento del tema tratado se reproduce en cuanto a la relación de la tecnología con la actividad educativa. De nuevo se ahonda en la división manual-intelectual o técnica-teórica al oponer la tecnología a “las nuevas tareas transversales que la tecnología no puede sustituir” (pág. 33) entre las que enumeran el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la creatividad, generando así un nuevo polo que acentúa los problemas preexistentes. Al no comprender la tecnología como lenguaje e insistir en tratarla como herramienta perpetúan las tendencias actuales. Contraponer tecnología (lo automatizable) con creatividad (específico de la inteligencia humana) genera una falsa dualidad que construye el futuro sobre prejuicios del pasado. En lo que concierne a esta tesis, por ejemplo, ninguna de las transformaciones digitales a las que hacen referencia recoge las necesidades que percibimos en el campo de la enseñanza de la geometría. Es posible que la robótica, las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) y la AI (Inteligencia artificial, por sus siglas en inglés) sean las tendencias del momento en los mercados pero no prestar atención a los profesionales del medio con su conocimiento situado puede devenir en mayor inmovilismo. En la página 60 del informe encontramos el párrafo central sobre la relación entre tecnología y competencias con referencia al informe *específico “Students, Computers and Learning: Making the Connection”* (OECD, 2015) que revisamos en la siguiente sección dedicada a las tendencias globales. Las principales conclusiones que argumentan no podemos decir que aporten complejidad al debate, ya que desenmascarar el mito de los “nativos digitales”, establecer que no hay relación entre las habilidades predigitales (lectura, matemáticas o ciencias) y la inversión en TIC en los centros, o que la relación con el uso de internet en los centros y la capacidad crítica para navegar de los alumnos es débil no resulta en absoluto sorprendente ni esclarecedor.



- En todo el texto la relación entre la digitalización y las competencias se analiza desde la óptica de una futura automatización y la amenaza sobre la estructura actual del mercado laboral. Entre las actividades que se enumeran afectadas por la digitalización no hay ninguna que entrañe llevar a cabo una actividad concreta en un campo de conocimiento. Se habla de “interactuar”, “comunicarse”, “obtener información”, “aprender”, “comprar”, “participar en democracia” y “pasar el tiempo libre”, pero encontramos una ausencia total de verbos como “dibujar”, “ordenar datos”, “planificar”, “pensar”, “razonar”, “comprender”, “memorizar”, “idear”, “modelar”, “entrenar”, “elegir”, “experimentar”, que son al fin y al cabo las acciones que tratamos de transmitir en la escuela. En este sentido no es de extrañar que los alumnos hayan entendido que lo más útil de las nuevas tecnologías resulta ser el atajo de copiar y pegar de las muchas nuevas fuentes accesibles para entregar unos resultados que ya no miden el esfuerzo y el aprendizaje. De nuevo percibimos señales del escaso conocimiento de la actividad educativa o de los modelos teóricos que la sustentan cuando como análisis de los datos mencionados se concluye que “(...) cada vez es más fácil automatizar las competencias cognitivas comunes y, sin embargo, se siguen enseñando en los sistemas de educación” (pág. 72). Para comprender las implicaciones de esta cita debemos aclarar que las competencias cognitivas básicas a las que hace referencia son la comprensión lectora, la competencia matemática y la competencia digital.
- Dada la discusión en torno a la creatividad y su relación con las posibles reformas del currículo artístico que desarrollamos en el apartado anterior, no podemos por menos que señalar aquí con respecto a la creatividad y su posible adquisición como competencia, que a tenor de lo que hemos encontrado en los modelos y estudios actuales sobre el tema, medir la “fluidez de las ideas” para determinar la competencia en creatividad del alumno viene a ser como medir la “rapidez de movimiento de los dedos” para determinar la competencia musical del violinista. Como organización internacional con funciones diplomáticas no podemos pedir que entre sus recomendaciones incluya cambios curriculares, que son localmente sensibles, pero quizá una mayor atención al campo de estudio en el que publican sería deseable.

## 2.2 TENDENCIAS GLOBALES Y LOCALES EN EDUCACIÓN

En el último medio siglo hemos asistido a una tendencia al alza en la calidad de la educación que ha reducido a la mitad el analfabetismo a nivel global, ha incrementado el acceso a la educación, la asistencia continuada, la cantidad de años de formación escolar y los resultados de aprendizaje en todo el mundo de manera enormemente positiva (Roser y Ortiz-Ospina, 2019). La relación entre estos cambios y las tecnologías digitales han sido analizadas en extenso, así como las implicaciones sociales, económicas, políticas y culturales (Selwyn, 2012). Resulta fundamental comprender los múltiples actores que participan en el terreno de la tecnología educativa, y las relaciones de poder que se entablan entre organizaciones internacionales, corporaciones multinacionales, administraciones de nivel estatal, regional y municipal a la hora de dar forma a las normas y contenidos que cada escuela adopta en sus aulas. Los intereses comerciales y los discursos de propaganda política han tomado también la poción de la globalización y presionan por identificarse como inseparables de la misma, en lo que se ha caracterizado a veces como *“globaloney”* (*“Globlatanería”*, traducción de la autora) (Harvey, 1996) en referencia a los aspectos negativos que esta tendencia globalizadora adoptada de manera acrítica está generando en escuelas de todo el mundo.

### 2.2.1 De la alfabetización mediática a la alfabetización digital

Con las nuevas tecnologías han aparecido nuevas habilidades y conocimientos que se pueden considerar instrumentales para la participación en la vida social, definiendo nuevas alfabetizaciones y exigencias también para el desarrollo de la capacidad de pensamiento crítico. En las últimas décadas del siglo XX las voces críticas pusieron el acento en la necesidad de incluir en los currículos conocimientos sobre los medios de comunicación de masas y las técnicas de elaboración de mensajes de las artes audiovisuales, y de igual manera en la actualidad un creciente número de voces ven en la cultura digital y las redes sociales motivo para una nueva exigencia de alfabetización digital (Buckingham, 2008). En este sentido, los contenidos más rápidamente asimilados por la escuela son los que suponen capacidades con claro desarrollo

laboral como la programación y la robótica, que son vistos por administraciones y padres como necesarias puertas al futuro y repercuten en la creación de nuevas asignaturas. La creación de asignaturas, bien sea sumadas al final de los ciclos existentes como material de especialización o bien añadidas a las existentes sin menoscabar ni sustituir ningún elemento curricular existente de manera directa, es una medida muy popular en las campañas electorales ya que no es una reforma educativa con las resistencias que estas activan, nadie se ve perjudicado a corto plazo ni de manera directa y son medidas fáciles de promocionar con lenguaje claro y directo.

En la tradicional división de materias estas capacidades vienen siendo afines a las matemáticas y no es ninguna sorpresa que sean estos docentes los que más destacan en la adopción de las nuevas tecnologías de manera instrumental, ya que no ven amenaza alguna a sus campos de conocimiento sino extensión de los mismos. Y en el extremo opuesto del arco de adopción se encuentran aquellas materias en las que los medios técnicos y los lenguajes han estado tradicionalmente separados e incluso en lucha, o en los que los medios de instrucción han sido más demostrativos y menos dependientes de un sistema formal teórico, como es el caso del dibujo o de las artes en general. Posturas que desde la filosofía desconfían de la ficción como constructo cultural ven en las nuevas y potentes simulaciones y mundos virtuales serias amenazas para la mente de los alumnos y la sociedad en su conjunto (Ferneding, 2007)

Ha habido intentos de nuevas asignaturas digitales en torno al diseño como disciplina, en España existieron DAO (Diseño asistido por ordenador) y Fundamentos del Diseño como materias en Bachillerato, que no afectaron en nada a la enseñanza del dibujo técnico en la ESO, y que no han mantenido el carácter digital como característica fundamental.

Al implementar esta “alfabetización digital”, necesaria para la participación en la vida social (Bawden, 2008) volvemos a editar la separación ancestral entre materias. De nuevo se dejan de lado los conocimientos y habilidades más allá de la lecto-escritura y la numeralización en la evaluación, planificación y diseño de la adquisición de habilidades digitales. A pesar de la creciente importancia, relevancia y extendida presencia de las imágenes como medio de comunicación social en el mundo digital, seguimos sin encontrar en la lista de criterios y habilidades necesarias para la alfabetización digital mención alguna de aquellos pertinentes para

la lectura y creación de imágenes. Podemos encontrar muchas investigaciones sobre cómo utilizar videojuegos para promover la lectura o el álgebra, pero muy pocas o ninguna sobre cómo transmitir los necesarios conocimientos para aquellos que vayan a elaborar videojuegos o para ser un usuario crítico de los mismos.

Si hemos de asumir como alfabetización digital los usos de las nuevas tecnologías como lenguajes necesitamos transmitir prácticas y gestos que contextualicen y enculturen las competencias y contenidos, conexiones con campos profesionales más allá de la inercia tradicional de la vida académica centrada en generaciones de uso de textos impresos y sus formas de aculturación.

En *“Digital literacy: what it means for art education”*, aportación de Ilana Snyder y Scott Bulfin al *“International Handbook of Research in Arts Education”*, encontramos estas inquietudes expresadas hace ya diez años:

*“Education in digital literacy should be a central component of contemporary arts curricula, but the convergence of media means that teachers need to be addressing the multiple literacies that are required by a whole range of contemporary media in a systematic and integrated way rather than isolation. The aim is informed, critical active users of many media. Developing the curriculum and identifying the new styles of teaching and learning in arts education that take account of young people’s everyday uses of new media represents the key research challenge”*

[“La educación en alfabetización digital debe ser un componente central de los planes de estudios de las artes contemporáneas, pero la convergencia de los medios de comunicación significa que los profesores deben abordar las múltiples alfabetizaciones que requieren toda una gama de medios contemporáneos de manera integrada en lugar de aislada. El objetivo son usuarios informados, activos y críticos de muchos medios. Desarrollar el plan de estudios e identificar los nuevos estilos de enseñanza y aprendizaje en la educación artística que tienen en cuenta los usos cotidianos de los jóvenes de los nuevos medios de comunicación representa el desafío clave de la investigación”]

(Bresler, 2007b) Página 1307. Traducción de la autora.

Un ejemplo de cómo se desarrollan estos currículos es el que desde la UNESCO y con participación de expertos de todo el globo se publicó en 2011 (C. Wilson, 2011) con la alfabetización mediática e informacional como objetivo y dirigido a la formación de profesores. En este trabajo podemos encontrar como categorías a estudiar la “alfabetización digital”, la “alfabetización computacional” y la “alfabetización en internet” entre otras necesarias para educar el pensamiento crítico, siempre centrándose en la lectura y los textos como forma de comunicación. Los medios artísticos siguen siendo vistos como formas adecuadas de entretenimiento o diversión, como estrategias motivacionales para acercar las materias más serias e importantes a principiantes y no como un camino con desarrollo académico propio. Otras voces que abogan por la multialfabetización y por el cambio desde una sociedad de consumo a una de producción crítica empiezan a abrirse paso (Mirra, Morrell y Filipiak, 2018), aún lejos de influir en las políticas y el discurso dominante en educación. En general, la respuesta general a la creciente complejidad de los medios de expresión y su repercusión social ha sido desarrollar currículos de alfabetización mediática, que incluían contenidos sobre percepción visual, sobre la influencia social de los medios de masas y sobre técnicas audiovisuales para actualizar la expresión subjetiva.

Propuestas de integración desde la pedagogía de las nuevas tecnologías y el discurso elaborado en torno a la alfabetización mediática pueden encontrarse en trabajos como *“The past, the present, and the future of media literacy education”* (“Pasado, presente y futuro de la educación en alfabetización mediática” Traducción de la autora.)(Hobbs y Jensen, 2009), en el que de nuevo son las tradiciones artísticas las que acuden al rescate y salvaguarda del pensamiento crítico y la creatividad en el futuro de la alfabetización digital, a pesar de que en la práctica las divisiones consumistas de expresión y creación de contenidos sigan marcando la cotidianeidad. Con el paso del tiempo y el aumento de la complejidad y la fenomenología de las comunicaciones en redes sociales y medios digitales se llega incluso a plantear centrar la reflexión en lo digital, como sugiere *“A digitally driven curriculum?”* (“¿Lo digital como motor del currículo?”) del Institute for Public Policy Research (Buckingham, Mcfarlane, Hallgarten, Ross y Tambini, 1996)

Lejos de los entornos educativos, el propio discurso sobre alfabetización mediática aparece obsoleto, *“Does ‘media’ still exist?”* (“¿Siguen existiendo los medios?”) se pregunta Manovich en *“Software takes command”* (“El software se pone al mando”)(Manovich, 2013), un título que es un homenaje a la obra de Sigfried Giedion *“Mechanization Takes Command: a Contribution to Anonymous History”* de 1948 (Giedion, 1969) (“La mecanización toma el mando: una contribución a la historia anónima”) y que es el comienzo de un campo cultural que toma el software como objeto de estudio, la teoría social de la programación. Los cambios que en la comunicación social tienen los nuevos medios llevan lo preconizado por McLuhan en *“Understanding media: the extensions of man”* (“Comprender los medios de comunicación: las extensiones del ser humano”) en 1964 (McLuhan y Lapham, 1994) a cotas de tsunami. Bajo esta luz, la mayoría de las propuestas curriculares que hemos mencionado y las que están en vigor quedan en la playa, ante el agua en recesión, extrañamente calma, y expuestos a la llegada de la gran ola.

A nivel global informes como el del Banco Mundial (Popova, Evans, Breeding y Arancibia, 2018) nos indican la brecha cada vez mayor entre la actividad investigadora y sus resultados y la práctica docente. Fallamos al aplicar las evidencias científicas a la práctica profesional, en elegir los temas de estudio pertinentes y llegar a conclusiones actuables. Una explicación puede encontrarse en la fuerte resistencia docente y académica de unas artes ancladas en discursos filosóficos que ven en la adopción de las nuevas tecnologías un proceso acrítico de asimilación, ciego a las consecuencias de control social inexorables en la adopción de los medios digitales. Incluso el peligro de perder la capacidad creativa y “robotizar” a los alumnos al introducirles en tecnologías CAD, obligándolos a renunciar a sus capacidades humanas para adaptarse a las limitaciones de estas herramientas. (Ferneding, 2007)

En contraste, y mientras debatimos distopías y futuribles, se publican informes de los bancos que inciden en que el mercado educativo está listo para ser arrasado y cosechado por los financieros, algo que también llaman reforma educativa y no lo es (Patel, Challawala y Morrison, 2019)

En España podemos analizar iniciativas como el Portfolio de la Competencia Digital Docente, elaborado como parte del Plan de Cultura Digital en la Escuela por el Instituto Nacional de

Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF) y descrito en el Marco Común de Competencia Digital Docente como “un servicio para el reconocimiento y la mejora de la competencia digital de los docentes a través de la autoevaluación continua y del registro actualizable de experiencias de enseñanza, aprendizaje y formación”(INTEF, 2017). Entre las conclusiones podemos encontrar argumentos que refuerzan la justificación e hipótesis del presente trabajo, ya que se pone de manifiesto que a pesar de que España se encuentra en la primera posición europea en formación TIC en los últimos años en cuanto a mayor número de horas por docente de este tipo de formación sin embargo “Más del 75% de esos alumnos tienen profesores que nunca o casi nunca se comunican online con sus familias, evalúan el uso de las TIC por los alumnos, valoran los recursos digitales de su materia o ponen en la Web tareas escolares dirigidas al alumnado.” (OCDE, 2009) Estas carencias, que no sólo son marcadores generacionales puesto que se detectan también entre los estudiantes de magisterio (Gutiérrez, Alfonso; Palacios, Andrés; Torrego, 2010), no se palían con recursos materiales sino que deben ser abordados desde el currículo, o en sus propias palabras “(...) que esta falsa percepción de la realidad puede beneficiar a los vendedores de tecnología, pero no a la innovación metodológica, que sólo se podrá conseguir mediante la necesaria reflexión desde postulados educativos.”

Tras la crisis de la pandemia mundial causada por el coronavirus es posible que algunas de estas lentas inercias culturales se vean afectadas y la necesidad de implementar vías de educación a distancia acelere los cambios en uso de recursos digitales por parte de profesores y alumnos.

Se debe llamar la atención sobre el hecho de que entre los descriptores detalladamente escalonados para tratar de evaluar la competencia digital del docente no encontramos ninguno que haga referencia a los conocimientos de base necesarios para desarrollar estas competencias, parecería que los docentes adquieren estas capacidades por imitación, copia o “del aire” y sin tratar de ahondar en qué saben y cómo han llegado a saberlo, se evalúa su comportamiento para determinar maestría. De igual manera se espera que se adquieran socialmente entre los alumnos las habilidades digitales, poniendo el acento en la prevención y la seguridad como único discurso moderador. Se mide de esta manera un proceso que ocurre de manera cultural y social, se constatan los avances y se anima a involucrarse con incentivos también sociales (Portfolio para

exhibir como atributo personal)), pero no se aportan análisis, herramientas o innovaciones en los documentos rectores de las instituciones, es decir, no se toca el currículo.

Efectivamente, la cultura y capacidad social de los humanos hace posible la perpetuación de conocimientos culturales sin participación alguna de la comprensión como explica Joe Henrich (Henrich, 2016) y como el ingenioso experimento cultural de Derex et al (2019) pone de manifiesto <sup>16</sup>, pero la función de la escuela no es meramente social y transmitir de manera explícita los conocimientos necesarios para comprender la causalidad es lo que venía diferenciándola de otras instituciones propagadoras de cultura. Las “competencias sin comprensión” tal y como las describe Daniel Dennett (2017) son el telón de fondo teórico de este nuevo rol de la escuela no directiva que la globalización nos ha traído y que se apoya en el “aprender haciendo” cultural sin necesidad del sentido crítico. Hay que señalar que la escuela cuando se define como transmisora de conocimientos científicos, lugar de reflexión y formadora de personas capaces de pensamiento crítico utiliza medios directivos y contenidos abstractos que requieren estudio y esfuerzo para su comprensión.

En el caso de la transmisión de conocimientos digitales de geometría son las inercias que la cultura académica mantiene de manera acrítica las que ralentizan esta alfabetización. Mientras la prioridad sigue poniéndose en la alfabetización basada en texto impreso, siglos de cultura académica apoyan mantener las maneras a ésta asociadas sin criba crítica o contraste alguno sobre su pertinencia y relevancia en los usos sociales actuales. No es la infraestructura, ni la formación del profesorado, ni las administraciones locales o regionales sino la enorme influencia del texto impreso como medio en la cultura académica lo que resta relevancia a las artes y las imágenes como actividad académica y alimenta las posturas tecnófobas basadas en la

---

<sup>16</sup> Con la participación de estudiantes universitarios voluntarios organizados en grupos se simuló la evolución cultural de sucesivas generaciones sobre un problema dado: una rueda con radios y pesos cuyo recorrido por un circuito debía optimizarse. Las conclusiones del estudio indican que la comprensión causal del problema no es un factor relevante en la optimización del artefacto físico.



neutralidad de las herramientas que encontramos en propuestas tecnológicas etiquetadas como progresivas (Soby, 2008)

Sin embargo, mientras que aprender a leer y escribir sobre el papel puede ser útil para aprender a leer y escribir en una página web, no así aprender geometría de compás y cartabón se puede aplicar de manera útil al aprendizaje de geometría digital. La escuela y la visa académica están centradas en torno al manejo de textos hasta el punto de que cambios y evoluciones que provienen de otros sistemas formales, como la imagen o la geometría, son considerados de segundo orden. Todos los problemas (y las soluciones) que se originan fuera del manejo de textos impresos son problemas de segundo orden. Así, de la cultura de las artes, ajena a este textocentrismo, y como prácticas y culturas de segundo orden tenemos la instrucción demostrativa frente a la directa, la remezcla (Erstad, 2008) como forma legítima de creación novedosa frente al plagiarismo, la autoría líquida y el trabajo en equipo (piénsese en las producciones cinematográficas) frente al autor individual que transcribe una voz interior o divina, por epifanía o revelación. La cultura abierta tal y como la describe Lessig (2005) y su relación con la creatividad es un ejemplo de cómo se trasladan usos y maneras propias de los lenguajes gráficos y visuales a campos hasta ahora dominados por la cultura académica textocentrista, como la autoría y la propiedad intelectual.

### 2.2.2 La globalización de la investigación educativa

Organizaciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), llevan a cabo grandes estudios comparativos a escala global en un intento de adquirir, ordenar y analizar datos que permitan llegar a conclusiones sobre las posibles mejoras de la educación. De manera cíclica se llevan a cabo PISA (Programme for International Student Assessment), TALIS (Teaching and Learning International Survey), TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) y PIRLS (Progress in International Reading Literacy Study). Los datos acumulados en las últimas dos décadas desde el comienzo de estas iniciativas son por su amplitud y complejidad una fuente de referencia obligada de toda investigación en el campo educativo. Estas organizaciones y los

estudios que generan tienen la manifiesta misión de influir en las políticas educativas alrededor del globo, y no se limitan a la recogida y procesado de datos sino que elaboran rankings e interpretaciones de los mismos para apoyar esta misión. En la época del “big data”, de la Inteligencia Artificial, del uso masivo de datos recogidos por las grandes empresas tecnológicas, del reconocimiento facial, las técnicas de recogida y procesado de datos en las que se basan estas pruebas son herederas aún del siglo XX y muestra de una globalización muy incipiente. Es de prever que otros modelos más locales, de datos más difusos y “blandos”, surgidos del uso de las tecnologías conectadas proporcionen pronto otros datos que dirijan la investigación educativa por nuevos paraderos. Mientras estos estudios aún comparten un marco metodológico con la investigación académica, que los dota de credibilidad y rigor en el debate, es de esperar que sean los métodos nacidos del marketing los que cobren mayor relevancia a la par que aumentan los intereses económicos del creciente mercado de la educación como negocio. La trayectoria de la educación como servicio público que desde su comienzo en el siglo XIX en Europa se ha extendido durante el siglo XX a todo el globo deja de ser la referencia cultural dominante en el crisol globalizado del postliberalismo y los sistemas de raíz confucianista asiáticos. Sirva como ejemplo de esta tendencia en el contexto local que tratamos la referencia este artículo del suplemento Retina, del periódico El País, “Algoritmos que determinan si tu hijo necesita un refuerzo en matemáticas” (Cortés, 2019). En un contexto global encontramos un buen resumen del panorama y tendencias en esta sentido en este artículo sobre la aplicación de la inteligencia artificial a la educación en China del MIT Technological Review (Karen Hao, 2019).

Aunque esta puede ser la página siguiente en el libro de la globalización de la investigación en educación, de momento seguimos en la actual al ritmo de los tres pilares promovidos por la OCDE: estándares de aprendizaje, descentralización y medición de resultados (Verger, Parcerisa y Fontdevila, 2019). Como factores dominantes del discurso globalizador encontramos políticas neoliberales, pedagogías centradas en el alumno y la personalización y el enfoque en las materias instrumentales o básicas del currículum: leer y hacer cuentas. La descentralización por la que se aboga puede no significar mayor autonomía en la gobernanza de los centros sino un cambio de dependencia jerárquica. Como nos indican los autores en *“The growth and spread of large-scale assessments and test-based accountabilities: a political sociology of global education reforms”* (El

aumento y extensión de las evaluaciones masivas y las rendiciones de cuentas basadas en exámenes: una sociología política de las reformas globales en educación”) evaluar resultados de aprendizaje es más fácil que valorar el funcionamiento de sistemas institucionales en sociedades complejas, y los resultados pueden ser directamente asociados con los recursos para apoyar los discursos de las políticas de austeridad, incluso instrumentalizarse como herramienta de calificación docente.

Una lectura de la situación concreta en España respecto de gobernanza y los efectos de PISA puede encontrarse en *“Do they matter in education politics? The influence of political parties and teacher unions on school governance reforms in Spain”* (Dobbins y Christ, 2019), en el que podemos encontrar un relato sobre la evolución de las políticas españolas respecto de la descentralización, de la autonomía de los centros y de los modelos de autonomía a través de la profesionalización o la jerarquización de los centros. Cabe preguntarse si un camino menos jerarquizado y más profesionalizador habría sido menos ignorante en cuanto a las necesidades de las enseñanzas artísticas respecto de la tecnología digital, tema del presente estudio. Más allá de lo que a este estudio interesa, el artículo contextualiza los resultados PISA y las políticas educativas promovidas por la OCDE en la trayectoria histórica y cultural de una sociedad concreta, la nuestra, poniendo de manifiesto la necesidad de un análisis relacional de los datos que no pueden ser tomados como conclusiones en formato de ranking, a la manera PISA.

En un mundo de aceleración tecnológica, los esfuerzos más punteros quedan con celeridad relegados a la obsolescencia, y a pesar de la utilidad y buen sentido que la iniciativa de estos estudios globalizados tuvieran en su momento, en la actualidad se plantean varias críticas que pueden hacer necesario redirigir los esfuerzos. Entre las críticas que estos programas globalizados de comparación educativa han recibido hay argumentos de fondo y de método. En el fondo se señalan un discurso de herencia postcolonial, de inclinación neoliberal, con rasgos regresivos propios del siglo XX como el torpe uso de las cuestiones de género o un modelo de convivencia mundial basado en la competencia entre naciones. La publicación de los datos en forma de ranking, las premisas que relacionan calidad educativa con prosperidad futura de manera directa, el posicionamiento tácito sobre la naturaleza del aprendizaje humano, la falta

de sensibilidad sobre aspectos culturales diferenciales y relevantes en la interpretación de los datos, son entre otros algunos de los factores que los detractores de estos informes señalan. En una carta abierta publicada en prensa (Varios, 2014) varios académicos quisieron dar visibilidad a los argumentos que en publicaciones científicas venían tratándose, alarmados por la pronta y acrítica acogida que como modelador de políticas directas han tenido los informes PISA entre las administraciones y gobiernos de varios países, hasta el punto de ser la mejora de las puntuaciones en los rankings publicados el único objetivo declarado de intervención educativa. En cuanto a la forma y método de los estudios, se han publicado críticas sobre la validez de las conclusiones (Feniger y Lefstein, 2014) (Hugh Morrison, 2013)(William Stewart, 2013), sobre la falta de robustez del modelo (Kreiner y Christensen, 2014) y la muestra de participantes (Tom Loveless, 2014). Entre los efectos secundarios nocivos que se han detectado como consecuencia de la proliferación de pruebas externas estandarizadas están el adelgazamiento del currículo para concentrarse en torno a las materias del test, la lengua y las matemáticas, en detrimento de otras materias y actividades; la transformación de la enseñanza en preparación para el examen y un declive en los comportamientos éticos de instituciones y alumnos ante la presión de conseguir una nota que define el resto de la carrera académica. (Rick Ginsberg y Neal Kingston, 2014)(Frederick Hess, 2011)(Tienken y Zhao, 2013)

Estudios sobre la relevancia e influencia de los informes PISA en las políticas educativa europeas pueden ser encontrados en el trabajo de Sotiria Grek (Grek, 2009, 2019), con análisis generales sobre el rol de la organización en el continente y específicos en países concretos.

Los datos proporcionados por los informes globalizados no carecen de significación y utilidad, aportan una visión característica de los tiempos y sirven como referencia general, pero deben ser críticamente abordados y cuidadosamente contextualizados. En lo que concierne a esta investigación debemos ser conscientes de varios sesgos en los datos PISA que tienen importancia a efectos interpretativos, como son:

- Una persistente dependencia en las competencias instrumentales tradicionales (leer, escribir y contar) sigue presente en todas las pruebas diseñadas para medir los resultados del aprendizaje. Es cierto que las tecnologías predominantes en las aulas y por tanto en

los diseños curriculares sigue siendo el lápiz y el papel, al centrarse en ellas se genera un punto ciego respecto de las nuevas tecnologías.

- La recogida de datos y elaboración de resultados entorno a la lecto-escritura, las matemáticas y las ciencias básicas, ignorando el resto de las materias, tiene el efecto de adelgazar el currículo a través de las subsiguientes políticas educativas aplicadas. Además genera nuevos puntos ciegos respecto del resto de materias y su relación con la eficacia de la enseñanza, con el uso de las nuevas tecnologías o la motivación de los estudiantes. Se genera de esta manera un círculo vicioso que ahonda en la polarización entre materias.
- Un discurso dominante que retrata como inexorable la integración de los mercados, las naciones y las tecnologías (Rizvi y Lingard, 2009)
- Una confrontación tácita de “lo tecnológico” versus “lo creativo” con rasgos culturales que arrastran inercias incluso de género.
- La gran influencia que las pruebas elaboradas bajo estos factores distorsionantes pueden estar ejerciendo al tratar de vender predicciones del futuro éxito de las naciones basándose en los resultados de los test hechos por algunos de sus estudiantes a los quince años (Zhao, 2015)(Meyer, 2014), que además puede inhibir investigación y transmisión del conocimiento a nivel local al inundar el espacio de debate e imponer modas globales.
- La falta de modelo teórico explícito y de riguroso método científico en la interpretación de los datos, críticas que pueden ampliarse en el trabajo de Yong Zhao (Zhao, 2017)

Tomando como referencia y ejemplo el informe de la OCDE sobre el impacto de las tecnologías en educación del año 2015 (OECD, 2015), en el que desde la introducción se manifiesta una preocupación por entender la importancia de las habilidades de programación y creación de algoritmos en la formación de los estudiantes, podemos encontrar enunciadas varias conclusiones generales en las que se reflejan los sesgos mencionados. La primera es la constatación de que la enseñanza en línea economiza el gasto en inversión, lo cual y sin referencia ninguna a la calidad, era un resultado predecible. En segundo lugar el mito de los “nativos digitales” queda desenmascarado al no encontrarse relación sencilla ni “innata” (sic) entre estudiantes y ordenadores. Esta conclusión tampoco aporta complejidad al debate, ya que desde pocos planteamientos serios se tenía esta idea como referencia. La siguiente conclusión que se

plantea es la falta de relación de la inversión en TIC con mejoras en lectura, matemáticas o ciencias. A este respecto habría que profundizar en el modelo de recogida de datos y en los muchos matices que el estudio implica, pero no es sorprendente que en las habilidades pre-digitales no haya un gran impacto de las tecnologías digitales cuando se miden con poca o ninguna actualización cultural. Y por último se trata como de lo más interesante el hallazgo de una conexión débil entre competencias digitales relevantes y el uso de internet en centros educativos, pero sin aportar análisis explicativo ninguno. En todo el texto la relación entre la digitalización y las competencias se analiza desde la óptica de una futura automatización y la amenaza sobre la estructura actual del mercado laboral. Entre las actividades que se enumeran afectadas por la digitalización no hay ninguna que entrañe llevar a cabo una actividad concreta en un campo de conocimiento. Hay discurso sobre educación emocional y social en términos más bien vagos y muy poca elaboración sobre destrezas y habilidades propias de las disciplinas y materias objetos de enseñanza. En este sentido en el texto de la OCDE encontramos señales de poco conocimiento de la actividad educativa o de los modelos teóricos que la sustentan cuando como análisis de los datos mencionados concluyen que “(...) cada vez es más fácil automatizar las competencias cognitivas comunes y, sin embargo, se siguen enseñando en los sistemas de educación” (pág. 72). Para comprender las implicaciones de esta cita debemos aclarar que las competencias cognitivas básicas a las que hace referencia son la comprensión lectora, la competencia matemática y la competencia digital, esta última añadida a las tradicionales sin que otros datos nos iluminen de su significado. Esta queja de falta de actualización de los sistemas de educación (sic) que fija el tono general del informe, en el que se señala el número de los altamente formados y escasamente competentes como indicador de una sobre formación innecesaria consecuencia de una escuela atrofiada, se aboga por metodologías menos basadas en el método directivo tradicional y se utiliza el fantasma de la automatización como principal rasgo de la digitalización resulta muy irónico si pensamos en el propio texto que nos presentan, con su falta de modelo teórico, con escasa comprensión del medio, con datos y conclusiones vagas o parciales, escrito párrafo tras párrafo por muy formados miembros de una élite burocrática en un estilo que muy pronto será capaz de generarse de manera automática, en resumen, un magnífico ejemplo de esa cultura atrofiada y obsoleta generada por un exceso de

escolarización tradicional y de los equilibrios de bajas competencias que mencionan al analizar el estancamiento generacional del aprendizaje y la riqueza. En el informe, como en el todo el discurso generado en torno a PISA, no hay mención, conocimiento, alusión, referencia ni interés en la educación artística en ninguno de sus aspectos. La lecto-escritura y las habilidades matemáticas se presentan como las competencias sobre las que se construye toda mejora futura:

*“The increasing importance of reading and writing in daily life is one of the reasons why the benefits of digital technologies are unevenly shared across high-skilled and low-skilled individuals. In addition, the fact that computers and digitally enhanced machines, or robots, can perform many tasks at a lower cost than human workers means that the skills that complement new technologies are in increasing demand. The greatest benefits accrue to those who have the ability to design digital solutions, adapting or creating machine algorithms to fit one’s needs. These capacities build on advanced reasoning and problem-solving skills and require good mastery of symbolic and formal language. They often build on related skills acquired in mathematics courses.”*

[La creciente importancia de la lectura y la escritura en la vida cotidiana es una de las razones por las que los beneficios de las tecnologías digitales se comparten de manera desigual entre personas altamente cualificadas y poco cualificadas. Además, el hecho de que los ordenadores y las máquinas mejoradas digitalmente, o robots, puedan realizar muchas tareas a un costo menor que los trabajadores humanos significa que aumenta la demanda de las habilidades que complementan las nuevas tecnologías. Los mayores beneficios se acumulan para aquellos que tienen la capacidad de diseñar soluciones digitales, adaptar o crear algoritmos para lograr sus necesidades. Estas capacidades se basan en el razonamiento avanzado y las habilidades de resolución de problemas y requieren un buen dominio del lenguaje simbólico y formal. A menudo se basan en habilidades relacionadas adquiridas en cursos de matemáticas.] (p. 187, Traducción de la autora)

Entre las voces críticas en nuestro país las aportaciones de Axel Rivas (Rivas, 2019) y de Carlos Fernández Liria, Enrique Galindo y Olga García (Fernández-Liria et al., 2017) dan respuesta crítica

al globalizado panorama de la investigación en educación. Desde los estudios más académicos la visión del futuro nos adentra aún más en caminos altamente tecnificados, que con la ayuda de la inteligencia artificial (Zawacki-Richter, Marín, Bond y Gouverneur, 2019) (Popenici y Kerr, 2017) y el uso masivo de datos (Bartolomé, Castañeda y Adell, 2018) perfilan sistemas de “educación de precisión” (Williamson, 2019) como la siguiente ola de cambio (Perrotta y Selwyn, 2019). A pesar de no ser este nuestro tema y con interés de contextualizar se aportan aquí algunas de estas visiones de futuro.

### 2.2.3 Europa, España, Madrid

Existen otros actores de vocación y ámbito menos globales que influyen las políticas y tendencias educativas en el contexto de este estudio como son la Unión Europea, el Ministerio de Educación del Gobierno de España y la Consejería de Educación del Gobierno de la Comunidad de Madrid. Sin pretender describir las muchas y variadas iniciativas que estos órganos llevan a cabo tanto en el contexto de la educación artística como en el de la incorporación de las tecnologías digitales en la ESO, sí queremos apuntar aquí varias iniciativas de estas administraciones presentes en el contexto de esta investigación.

La Unión Europea y sus órganos tienen muy limitadas competencias en educación desde el punto de vista legislativo, pero programas de apoyo a la movilidad de los estudiantes como Erasmus o E-twinning tienen una influencia transversal cada vez mayor. Otras iniciativas como el Plan de Acción de Educación Digital, que desarrolla 11 puntos de promoción de las tecnologías digitales en la escuela, son colaboraciones directas con la OCDE y muestran los rasgos que ya hemos analizado. Como ejemplo de las posibilidades de estas iniciativas resulta informativo poner a prueba la herramienta basada en competencias que se ha publicado como parte del punto 10 del mencionado Plan: Acción sobre Inteligencia Artificial y Análisis. La herramienta está en fase de desarrollo, al escribir estas páginas tiene formato de página web en la que se relacionan los programas de estudios existentes con las competencias adquiridas en los mismos y los posibles desempeños profesionales de dichas competencias. Se comparan programas educativos con profesiones tomando como referencia las competencias definidas por la OCDE. El prototipo



incluye información de seis universidades, y es una relación entre varias bases de datos, ofrece un mapa relacional a través de varias infografías interactivas. Desde el punto de vista de la Inteligencia Artificial aplicada a educación dista mucho de las iniciativas que como ya hemos visto lidera China de forma muy dinámica, centrándose en la personalización de la enseñanza. La complejidad de esta herramienta, de los modelos matemáticos aplicados, de la ingente cantidad de datos a relacionar, mediado por el discurso de las competencias de la OCDE, es un claro ejemplo de las iniciativas que provienen de Europa.

En su trabajo sobre las políticas europeas en torno a la alfabetización digital y tras un conciso repaso histórico de las mismas Leena Rantala y Juha Suoranta terminan por preguntarse:

*“Is there any point in emphasizing the idea of multiple literacies in the EU policy documents and decision making other than at the merely rhetorical level, if the reality is defined by the tyranny of market?”* (Rantala y Suoranta, 2008, p. 113)

¿Tiene algún sentido poner el énfasis en la idea de las múltiples alfabetizaciones en los documentos de política de la UE y en la toma de decisiones que no sea a nivel puramente retórico cuando la realidad viene definida por la tiranía del mercado? (Traducción de la autora)

Este sentimiento retrata certeramente la relación que se entabla entre las políticas de educación europeas y los investigadores del campo de la educación, o al menos de aquellos que no se alinean con la actividad y los datos generados por la OCDE.

Desde el Ministerio de Educación del Gobierno Español se vienen elaborando y aplicando reformas educativas de manera reiterada en las últimas décadas. Sin abordar la complejidad del llamado “pacto educativo” y los intereses encontrados que convoca, a efectos de la enseñanza de las materias artísticas en la ESO y del impacto de las tecnologías digitales en el currículo de las mismas, las sucesivas leyes aplicadas han tenido efectos claros. Entre las consecuencias de la aplicación de los resultados de los rankings publicados por PISA a la elaboración de políticas educativas hemos citado anteriormente el adelgazamiento del currículo, que en España se ha concretado en las sucesivas reformas hasta la LOMCE a través de la fuerte reducción de horas

dedicadas a la educación artística en la etapa secundaria. Los contenidos, como hemos analizado en apartado dedicado al recorrido histórico del currículo artístico en la ESO, no han variado en concordancia y mantienen su extensión, ahora además expresados en forma de competencias.

En cuanto a las iniciativas en torno a la introducción de las tecnologías digitales en el sistema educativo se debe mencionar la actividad llevada a cabo por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), que entre otras iniciativas ha publicado el Marco Común de Competencia Digital Docente (INTEF, 2017) y promueve el uso de las nuevas tecnologías a través de cursos en línea, publicaciones, estancias profesionales y otros programas similares. Respecto del tema y de la hipótesis presentada en esta tesis, la influencia de estos programas es neutra como mínimo cuando no negativa, en la medida en que la propia ausencia de relación o interés en las enseñanzas artísticas en su aspecto digital es en sí mismo un dato que ahonda en la contraposición de ambas áreas o en su segregación. Las publicaciones del Ministerio tienen como referencia los informes de la Comisión Europea, la OCDE y la UNESCO, y no hemos encontrado en ninguna de ellas alusión al problema aquí tratado o a la relación específica de las tecnologías digitales en las enseñanzas artísticas y las posibles políticas necesarias que se puedan derivar.

Desde la Consejería de Educación del Gobierno de la Comunidad de Madrid, que tiene una capacidad competencial muy superior a las anteriores administraciones mencionadas, se han puesto en marcha varias iniciativas. Entre ellas, la introducción de la asignatura de Tecnología, Programación y Robótica y el programa de Institutos de Innovación Tecnológica son las iniciativas que más repercuten en el marco de este estudio. La primera es una actuación sobre el currículo que apuesta por introducir contenidos de tecnología digital en la etapa obligatoria centrada en el ámbito de la ingeniería. La propuesta de desarrollo de contenidos, sesiones y una muy completa programación de aula por parte de la empresa de ingeniería española BQ en su departamento de educación (<http://diwo.bq.com/>) puede consultarse online (BQ, 2015). Entre los temas incluidos podemos encontrar algunos de diseño gráfico y el uso de gráficos vectoriales y de la geometría como medio creativo. Esta iniciativa propone contenidos de nivel avanzado, muy actualizados y que resultan muy motivadores para alumnos y docentes. Es un ejemplo de

éxito de alfabetización digital que señala el camino a seguir por el resto de asignaturas, y quizá en este aspecto la única carencia que podemos apuntar sea precisamente la falta de intención de extender a otras áreas lo que en la de Tecnología se ha llevado a cabo con esta iniciativa.

El Programa de Institutos de Innovación Tecnológica se puso en marcha en la Comunidad de Madrid en el curso 2010-11. Se puede decir que tiene carácter experimental ya que se eligieron 15 centros de entre los 348 centros de Educación Secundaria Públicos de la Comunidad para invertir en ellos recursos materiales y humanos que hiciesen de las tecnologías digitales la herramienta vehicular de la instrucción en la mayoría de las materias. La descripción del programa por parte de la Comunidad de Madrid puede encontrarse entre la información aportada en la página web de transparencia de esta administración (<http://www.madrid.org/es/transparencia/informacion-institucional/planes-programas/programa-institutos-innovacion-tecnologica>). La evaluación y subsecuentes conclusiones que de haberse aplicado este carácter experimental no sólo a la escala sino también a los objetivos y metodología podrían haberse obtenido, y que tan deseables parecen desde el punto de vista investigador, no estaban sin embargo en las miras de la administración educativa al diseñar este programa. No disponemos de datos sobre aceptación, efectividad, respuesta por asignaturas o cursos, adecuación y uso de los materiales, comparación con los modelos coetáneos basados en el modelo BOYD (Bring your own device), etc, ya que la única evaluación que se efectúa no se centra en el diseño y ejecución del programa sino en los conocimientos de los alumnos mediante pruebas externas en línea sobre los contenidos de las asignaturas implicadas. Sea esta decisión una influencia más de la tendencia generalizada a utilizar las pruebas externas como modelo evaluador o no, lo cierto es que los datos aportados no son en absoluto relevantes a la hora de evaluar el proyecto en sus aspectos de innovación y digitalización de la enseñanza. Sin embargo, en el marco de esta investigación hemos de reseñar que casi todos los centros que han participado con éxito en la fase experimental formaban parte del programa, y pueden por tanto representar una imagen que no puede darse por generalizada en la educación madrileña. No queda más que señalar que esta desconexión entre la investigación y la administración desaprovecha las posibles transferencias de conocimiento y las oportunidades de mejora que una cooperación entre ambas instituciones puede aportar (Reimers y McGinn, 1997).

Aunque excede el alcance del presente estudio hay que indicar como contextualización la incidencia de la crisis económica en la segregación escolar en España, y especialmente en la Comunidad de Madrid, tal y como la vienen estudiando Javier Murillo y Cynthia Martinez-Garrido (Murillo y Martínez-Garrido, 2018) y Lucas Gortazar (Gortazar, 2019) o Carlos Magro en su blog “co.labora.red” (Magro, 2019). La visión que aportan, crítica con las políticas educativas que han caracterizado los últimos 25 años de gobiernos del partido conservador en la región, son un contrapunto necesario al discurso alineado con las voces más institucionales.

## 2.3 RESUMEN DEL CAPÍTULO

En el presente capítulo nos ocupamos de contextualizar el estado de la cuestión en torno al tema de estudio propuesto, el impacto de las tecnologías digitales en el currículo de artes visuales en la ESO.

En un primer acercamiento en clave de recorrido histórico nos acercamos a los conceptos de reforma escolar, de geometría digital y a la investigación educativa en torno a ella, así como al currículo artístico de la ESO. En este primer acercamiento hacemos un recorrido histórico de la relación de la escuela como institución con las tecnologías digitales para contextualizar el momento actual a través de un estudio de fuentes especializadas. Prestamos especial atención a las metodologías demostrativas propuestas en la fase experimental como herederas de las tradiciones de instrucción artística, abordando el papel del *screencasting* como medio de instrucción. A continuación nos centramos en el campo de la geometría digital mediante una descripción de los hitos de su desarrollo histórico y la identificación de las bases de conocimiento de la materia. Un análisis de las publicaciones especializadas nos permite conocer el tratamiento que en la investigación educativa ha recibido hasta el momento la geometría digital. Para finalizar el contexto histórico prestamos atención a los devenires y tendencias que participan en explicar el actual currículo de artes visuales en la ESO.

En la segunda parte abordamos el estado actual del campo de conocimiento, señalando las más importantes tendencias globales y locales que repercuten en la relación entre tecnología digital e instrucción artística en la educación secundaria.

## **CAPITULO 3      FASE EXPERIMENTAL**



### 3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para diseñar esta fase experimental a partir de las hipótesis que enunciamos en la justificación de esta investigación y con objeto de evaluarlas, hemos contado con el conocimiento situado que aporta la experiencia docente en el marco institucional concreto en el que se desarrolla el estudio.

Las hipótesis y los objetivos que se enuncian en el capítulo inicial de este trabajo son extensas. El presente diseño experimental aborda una primera fase de investigación en la que tratamos de definir y acotar las causas posibles de la lenta adopción por parte de la escuela de las tecnologías de aplicación general en el campo de conocimiento del dibujo, específicamente de la geometría, centrándonos en los alumnos y su capacidad actual de aceptar y asimilar las mismas.

Las conclusiones obtenidas serán claves para definir ulteriores investigaciones que ayuden a discernir causas y posibles vías de acción para aportar mejoras a la calidad de la educación en esta área. En una segunda actuación y a la luz de los resultados, un nuevo diseño experimental centrado en el papel del profesorado o de la cultura institucional podría completar los hallazgos para elaborar conclusiones más completas.

#### 3.1.1 Objetivos del diseño experimental

En la fase experimental abordamos uno de los objetivos específicos enunciados en este trabajo: “Cuantificar las posibles barreras culturales y tecnológicas como factores que previenen el uso de los gráficos vectoriales como herramienta vehicular de instrucción del dibujo y la geometría”

Los objetivos de la fase experimental se articulan alrededor de las siguientes preguntas seminales:

“¿Existen barreras que prevengan el uso extenso de los gráficos vectoriales como herramienta principal en la enseñanza de la geometría, una vez que tanto la tecnología necesaria como la cultura de uso están normalizadas en este campo profesional?” Tratar de discernir los factores que participan en la adopción de las tecnologías en los entornos escolares mediante estudios



cuantitativos que aporten datos de calidad sobre los que reflexionar e interpretar el impacto de estas tecnologías sobre el currículo de artes visuales de la ESO.

“¿En qué medida afecta el uso de los editores de gráficos vectoriales como herramienta fundamental de la enseñanza del dibujo a la autonomía, la participación activa y a la percepción de relevancia de la materia aprendida? Y ¿En qué manera este aprendizaje significativo depende de las fuentes de información, del currículo, de los medios de instrucción o del acceso a las tecnologías? Recabar información por medios experimentales que ayuden a definir un modelo de uso de las tecnologías adaptado a los cambios sociales de manera constructiva en el entorno escolar.

“¿Hasta qué punto podemos dar por sentado que la geometría digital y la técnica de *screencasting* están asimiladas como contenidos culturales de uso masivo que los estudiantes pueden entender, aceptar y utilizar sin mediación necesaria?”

### 3.1.2 Unidades didácticas

En esta investigación y para conseguir los mencionados objetivos se ha contado con la participación de profesores de Educación Plástica en activo en la comunidad de Madrid que han llevado a cabo una serie de actividades con sus alumnos. Los profesores fueron contactados a través de sus asociaciones profesionales, de cuentas institucionales y privadas en redes sociales, de listas de correos en proyectos previamente existentes y por el boca a boca. Inicialmente 15 personas se apuntaron a participar en el proyecto, de manera voluntario y no retribuida. La propuesta de participación consistió en utilizar en el aula los materiales de *screencasting* y el editor de gráficos abierto como herramientas de instrucción en la enseñanza del dibujo y la geometría. Se elaboraron tres unidades didácticas con una propuesta de programación de aula para insertar la instrucción ofrecida vía *screencasting* de los gráficos vectoriales. Todos los materiales diseñados cumplían con los contenidos y competencias descritos en el currículo oficial de la Comunidad de Madrid (Consejería de Educación Juventud y Deporte. Comunidad de Madrid., 2015). Los vídeos se hicieron accesibles a los participantes tanto mediante la plataforma institucional oficial Educamadrid como a través del proveedor de videos por internet más

extendido, YouTube. El editor de gráficos vectoriales utilizado, Inkscape, es un programa abierto, libre y gratuito, accesible desde cualquier sistema operativo y equipo informático disponible en el mercado. Sobre la decisión de utilizar programas abiertos en educación y las implicaciones culturales de estas herramientas la obra de Richard Stallman (Stallman, 2002) es una referencia fundamental.

Se crearon dos listas de reproducción con varios capítulos cada una, una dirigida a alumnos de 1º de la ESO en la que se aborda un ejercicio con dibujo de líneas Bézier y animación gif y otra diseñada para 2º de la ESO sobre la creación de patrones geométricos con ejemplos de motivos decorativos de la Alhambra. Cada lista de reproducción incluye videos grabados con la técnica de *screencasting* en los que se transmite a los alumnos los conocimientos conceptuales y de uso que les permiten llevar a cabo el ejercicio. Ambas listas de reproducción comparten un primer capítulo inicial de 10 minutos de duración en el que se explica lo necesario para que los alumnos puedan descargar e instalar en sus ordenadores el software propuesto, Inkscape. Tras este primer capítulo en la lista de reproducción de 2º de la ESO sobre la pajarita nazarí se ofrecen otros tres capítulos de los cuales el segundo y tercero comparten una duración de 9 minutos y el último y cuarto capítulo de 12:30 minutos. En la lista de reproducción para 1º de la ESO, con tema de animación gif también se mantuvieron las duraciones de los capítulos alrededor de los 10 minutos con la excepción del capítulo final que llega a tener 14:08 minutos.

Ambas listas de reproducción se presentaron a los profesores con anticipación al comienzo de curso, haciendo posible recoger comentarios y sugerencias por parte de estos, y alentando la inclusión de los mismos en la planificación de la programación de aula. Las unidades didácticas se elaboraron como ejemplo o sugerencia de uso, respetando los criterios y programaciones de aula de cada docente. No se dieron pautas estrictas sobre el uso de los materiales, dejando al criterio de cada maestro la mejor manera de incluirlos en su práctica, aunque sí se rogó que en lo posible se incluyera el ejercicio de manera evaluable como una práctica de aprendizaje más del curso para los alumnos. Tras una puesta en común con los profesores de los materiales elaborados se publicaron las listas de reproducción tanto en el canal personal de la autora de este texto (Sáez Lacave, 2018a)(Sáez Lacave, 2018b) como en el repositorio web de materiales

educativos institucional (Mediateca) creado por la administración regional en su plataforma de servicios educativos, Educamadrid, accesible en <https://www.educa2.madrid.org/educamadrid/>. La única restricción temporal que se comunicó a los participante fue la necesidad de haber usado los materiales durante el curso de manera que pudieran participar en las encuestas finales de evaluación y recogida de datos (Anexo 1: formulario de la encuesta final y Anexo 2: formulario de la encuesta de satisfacción), que tanto para profesores como para alumnos se hicieron llegar en el último mes del año, justo antes de las vacaciones de verano. Todas las comunicaciones que se llevaron a cabo durante el proyecto tuvieron lugar vía correo electrónico y no se hizo necesario convocar reuniones presenciales. Los contenidos en video y ejercicios comunes en los que se basa la fase experimental y la recogida de datos son recogidos en las tres unidades didácticas elaboradas que se presentan a continuación

# I N K S C A P E

Unidad  
Didáctica  
Educación  
Plástica,  
Visual y  
Audiovisual  
1º y 2º de  
ESO

INKSCAPE

Unidad Didáctica Educación Plástica,  
Visual y Audiovisual

1º y 2º de ESO

2 sesiones de 50 minutos

## Introducción



LOGO OFICIAL DE INKSCAPE. FUENTE WIKIPEDIA.

En esta unidad didáctica presentamos el programa de código abierto de edición de gráficos vectoriales Inkscape. Al ser multiplataforma y gratuito podemos aprender a instalarlo en cualquier ordenador. La página web oficial es un recurso fundamental para obtenerlo y sumarnos su activa comunidad de usuarios. La idea del software libre y del movimiento de la cultura libre es un hito en la historia de internet y un punto de partida importante para los contenidos de esta unidad. Podemos presentar a los alumnos estos conceptos bien mediante la introducción de la obra de Lawrence Lessig y su trabajo sobre los derechos de propiedad intelectual o contactando con activistas, editores o creadores que estén dispuesto a participar como invitados en una sesión de la Unidad didáctica.

Otro hito de referencia que puede ser punto de comienzo de esta unidad es el ya famoso “Software is eating the world” de Mark Andreessen, que podemos encontrar en su versión original como artículo del Washington Post de 2011, como post de su blog, como podcast y en las innumerables secuelas y comentarios que sigue generando. Al invitar a los alumnos a internet como



LAWRENCE LESSIG. FUENTE WIKIPEDIA

usuarios activos debemos revisar con ellos las precauciones y consejos de uso que como internautas deben tener en cuenta. Los cambios culturales que afectan a temas como la privacidad y los derechos de autor son fuentes de reflexión y debate que con toda seguridad será posible contextualizar con información de actualidad al inicio de esta unidad didáctica. Las recomendaciones de seguridad que nos recuerdan los cuerpos de seguridad del estado y el bienestar de los menores deben estar presentes en nuestro tratamiento de tema.

## Objetivos

### Objetivos del curso

Los objetivos de etapa que se abordan en esta Unidad son:

- Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.
- Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.
- Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

### Objetivos didácticos

El alumno, al acabar la unidad didáctica, ha de ser capaz de:

- A. Comprender el carácter cultural de las tecnologías digitales.
- B. Asumir roles activos en la creación de cultura digital.
- C. Sumarse a una comunidad de usuarios en línea de forma segura y descubrir las ventajas de compartir intereses y afinidades.
- D. Usar y compartir programas de dibujo en varios dispositivos digitales.
- E. Generar archivos de dibujo vectorial, ser capaz de recuperarlos, difundirlos y publicarlos.
- F. Familiarizarse con las herramientas de creación de formas y el espacio de trabajo de un editor vectorial.
- G. Comprender la diferencia entre los gráficos vectoriales y los mapas de bits, sus usos y propiedades.
- H. Instalar un programa multiplataforma en un ordenador.

## Competencias

Con esta unidad didáctica se contribuye a la adquisición de competencias básicas de la etapa como son:

- Competencia digital, mediante el uso del dibujo vectorial como medio artístico y del screencasting como medio de instrucción.
- Competencia en aprender a aprender, promoviendo la autonomía del estudiante mediante la práctica individualizada y el uso de recursos en línea.
- Competencia en conciencia y expresiones culturales, a través del ejemplo de las obras de arte tomadas como referencia y de la producción por el propio alumno de obras semejantes.

## Contenidos

### Contenidos del curso

Los contenidos de la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual para 1º y 2º cursos de la ESO están divididos en tres bloques temáticos. En esta unidad didáctica se presentan contenidos necesarios para desarrollar con técnicas digitales ciertos contenidos que en el currículo oficial aparecen referidos a la geometría descriptiva de compás, escuadra y cartabón o la expresión plástica con técnicas mixtas. Los contenidos oficiales de estos cursos que se desarrollan en esta unidad didáctica son:

#### *Bloque 1. Expresión plástica.*

- Métodos de creación en el diseño y en las artes visuales.

### Contenidos específicos de la U. D.

En esta unidad didáctica se presentan contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales desarrollados en las actividades y tareas que se llevan a cabo. Cada profesor que participa en el proyecto debe completar y modificar lo aquí aportado en coherencia con las características cognitivas y socio-culturales de sus grupos de alumnos, con los necesarios ajustes al contexto de su centro, decidiendo sobre las posibles adaptaciones que requiera la atención a la diversidad, sobre los contenidos mínimos exigibles, sobre la secuenciación en tareas y temporalización. Estos contenidos son:

- Historia y características del software libre.
- La diferencia entre los gráficos vectoriales y los mapas de bits, sus usos y propiedades.



- Privacidad y derechos de autor en la cultura globalizada de internet.
- Seguridad y protocolo en las redes sociales y plataformas de usuarios en línea.
- El espacio de trabajo en el dibujo vectorial. Formatos de archivo.
- El uso de las herramientas digitales y sus interfaces, desarrollo de la necesaria atención y explicitación de las instrucciones en los entornos hombre-máquina.
- El papel mediador de la tecnología en la evolución de la cultura humana.

## Metodología

### Metodología elegida

El método socrático y la metodología del “aprender haciendo” que propugnara Dewey son métodos con fundamentos afines a las necesidades didácticas de las enseñanzas artísticas y que se adecúan a los objetivos, contenidos y resultados del aprendizaje que tratamos de conseguir en esta unidad didáctica.

Por su naturaleza experimental como parte de una investigación en pedagogía, esta unidad didáctica se articula alrededor del uso del *Screencasting* como medio de instrucción. Cada profesor colaborador puede completar con los métodos aquí sugeridos o elegir otros a excepción del requerimiento para participar en el proyecto, que es el uso de los tutoriales de *screencasting* preparados para cada unidad. Este medio de instrucción requiere que el acceso a internet sea, tanto en casa como en la escuela, una actividad habitual y sin trabas. Los videos interactivos en los que se muestra el uso de herramientas digitales mediante la captura de pantalla comentada en tiempo real han sido popularizados entre las generaciones a las que pertenecen nuestros alumnos por *gamers* y *youtubers* en las redes sociales.

En nuestro caso los alumnos disponen de los tutoriales, que son accesibles en varias plataformas en línea de manera gratuita, tras ser introducidos y comentados por sus profesores en clase. Cada profesor puede decidir dedicar más o menos tiempo en cada sesión al material aportado, según

la adaptación de esta unidad tipo a su contexto concreto lo requiera.

El trabajo en el dibujo de familiarización propuesto en esta unidad es individual.

### Estrategias de motivación inicial

Si resulta posible esta unidad es una buena oportunidad para invitar a algún ponente relacionado con la cultura libre a hablar y presentar el tema a los alumnos. Como segunda opción podemos recurrir a la grabación disponible en la red de la charla Ted de Lawrence Lessig sobre derechos de autor.

## Actividades

### Detección de conocimientos previos

Para llevar a cabo esta unidad es recomendable conocer con detalle las posibilidades técnicas de las que disponen los alumnos en sus casas para poder prever casos especiales que requieren respuestas adaptadas. Elaborar una pequeña encuesta con preguntas concretas que puedan contestar con ayuda de los adultos a su cargo puede ser una buena manera de comunicar a estos las necesidades de la unidad didáctica. Esta encuesta debe determinar qué recursos dispone cada alumno en su casa, si el ordenador en el que se instalará el programa es compartido, si tiene conexión a internet, si tiene permiso para llevar a cabo la instalación, si sabe lo que es un sistema operativo y si cuenta con el apoyo de los adultos del hogar para afrontar los posibles problemas técnicos.

## Descripción de las actividades de la U.D.

### Actividades de la Unidad didáctica INKSCAPE

#### Tarea 1: Charla de invitado.

Los alumnos y el profesor reciben a un activista de cultura libre que introduce el tema y cuenta su experiencia.

#### Distribución temporal

Se dedican los primeros 30 minutos de la primera sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.</li><li>➤ Comprender el carácter cultural de las tecnologías digitales.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Historia y características del software libre.</li><li>➤ Privacidad y derechos de autor en la cultura globalizada de internet.</li></ul>

## Tarea 2: Instalación colectiva.

Los alumnos y el profesor en la sala de ordenadores proceden a instalar el programa en los ordenadores con ayuda de las indicaciones del profesor. Una vez en casa y con ayuda del video tutorial los alumnos instalan el programa en sus ordenadores personales.

### Distribución temporal

Se dedican los 20 minutos finales de la primera sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías de la información y la comunicación.</li><li>➤ Sumarse a una comunidad de usuarios en línea de forma segura y descubrir las ventajas de compartir intereses y afinidades.</li><li>➤ Usar y compartir programas de dibujo en varios dispositivos digitales.</li><li>➤ Instalar un programa multiplataforma en un ordenador.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia digital</li><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Seguridad y protocolo en las redes sociales y plataformas de usuarios en línea.</li><li>➤ La diferencia entre los gráficos vectoriales y los mapas de bits, sus usos y propiedades.</li></ul>

### Tarea 3: Sesión introductoria guiada.

El profesor y los alumnos toman un primer contacto con el espacio de trabajo del programa Inkscape y sus herramientas básicas.

#### Distribución temporal

Se dedican los primeros 20 minutos de la segunda sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Apreciar las cualidades rítmicas y visuales de los patrones geométricos.</li><li>➤ Comprender la diferencia entre los gráficos vectoriales y los mapas de bits, sus usos y propiedades.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ El espacio de trabajo en el dibujo vectorial. Formatos de archivo.</li></ul>

## Tarea 4: Trabajo en clase. Elaboración de la tarea final.

Los alumnos disponen del resto de tiempo de clase para trabajar en su primer dibujo vectorial de tema libre. La entrega de este dibujo puede demorarse para permitir continuar el trabajo en casa. Los alumnos deben poder enviarse los archivos entre sus ordenadores de casa y del centro escolar.

### Distribución temporal

Se dedican los 30 minutos finales de la segunda sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.</li><li>➤ Familiarizarse con las herramientas de creación de formas y el espacio de trabajo de un editor vectorial.</li><li>➤ Generar archivos de dibujo vectorial, ser capaz de recuperarlos, difundirlos y publicarlos.</li><li>➤ Asumir roles activos en la creación de cultura digital.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia digital</li><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ El uso de las herramientas digitales y sus interfaces, desarrollo de la necesaria atención y explicitación de las instrucciones en los entornos hombre-máquina.</li><li>➤ El papel mediador de la tecnología en la evolución de la cultura humana.</li></ul>

## Evaluación

La evaluación es un proceso flexible y continuo, que cada profesor desarrolla prestando atención a los alumnos individualmente y a las dinámicas de grupo y ambiente en el que se desarrollan las tareas en el aula.

En cada tarea propuesta se ha de evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en sus varios aspectos y puntos de vista:

La evolución personal de los alumnos desde la evaluación inicial a la entrega de la tarea final, la auto exigencia y autonomía de estos al elegir los umbrales de dificultad, su capacidad de socialización, participación y trabajo en equipo, sus intereses y actitud hacia la tarea, la perseverancia y destreza con la que se elaboran las tareas procedimentales,

las capacidades adquiridas o en formación, la competencia para explicitar lo aprendido verbalmente con la metacognición propia del aprendizaje significativo.

La experiencia del profesor en cuanto a la adecuación de los recursos, de la temporalidad y de las estrategias y tareas propuestas con respecto a los objetivos y expectativas que durante la planificación se hubieran planteado. Además de la observación y la atención prestada de esta manera, otras herramientas de evaluación concretas que se instrumentalizan en estas tareas son:

La entrega de la tarea final en el tiempo y forma requeridos, en la que se evidencie el uso de las destrezas concretas y los contenidos de la unidad didáctica.

### Criterios de evaluación

Los Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables de la asignatura y etapa en el que se encuadra esta unidad didáctica y que podemos aplicar en la misma son:

- Conocer y aplicar los métodos creativos gráfico-plásticos aplicados a procesos de artes plásticas y diseño.
- Conoce y aplica métodos creativos para la elaboración de diseño gráfico, diseños de producto, moda y sus múltiples aplicaciones.
- Mantiene su espacio de trabajo y su material en perfecto orden y estado, y aportándolo al aula cuando es necesario para la elaboración de las actividades.
- Diferenciar y analizar los distintos elementos que intervienen en un acto de comunicación.
- Identifica y analiza los elementos que intervienen en distintos actos de comunicación visual
- Identificar y reconocer los diferentes lenguajes visuales apreciando los distintos estilos y tendencias, valorando, respetando y disfrutando del patrimonio histórico y cultural.
- Comprender los fundamentos del lenguaje multimedia, valorar las aportaciones de las tecnologías digitales y ser capaz de elaborar documentos mediante el mismo.

## Criterios de calificación y contenidos mínimos exigibles

La calificación en esta etapa viene enmarcada por la exigencia de expresar los resultados de la evaluación mediante una calificación numérica. Se requiere así mismo que en las actas figure una cifra sin emplear decimales, en una escala de 1 a 10, que debe ir acompañada de los siguientes términos: Insuficiente (IN), Suficiente (SU), Bien (BI), Notable (NT), Sobresaliente (SB), aplicándose las siguientes correspondencias: — Insuficiente: 1, 2,3 o 4. — Suficiente: 5. — Bien: 6. — Notable: 7 u 8. — Sobresaliente: 9 o 10.

Cada profesor participante debe adecuar e introducir armoniosamente estas unidades didácticas en su programación anual, aplicando criterios y porcentajes de calificación semejantes en ellas a los que haya desarrollado para el resto de su propuesta curricular de aula. La calificación de los alumnos no es tomada como dato en el presente proyecto experimental para llegar a conclusiones y por lo tanto queda enteramente al criterio de cada profesor el uso de estos materiales a efectos de la calificación. Respetando cada contexto concreto, como diseñadores del proyecto experimental creemos que los resultados de los datos que pretendemos recopilar serán más homogéneos y fiables si en todos los casos de participación se toman en cuenta de cara a la calificación las tareas propuestas. Sugerimos como contenidos mínimos exigibles la entrega de un documento en formato svg (scalable vector graphics) con evidencia del uso libre de las herramientas de dibujo vectorial.

## Evaluación de la Unidad didáctica

Como parte de la participación en el proyecto experimental en el que estas unidades didácticas se enmarcan se requiere de los profesores al final de la experiencia una evaluación en forma de encuesta de satisfacción en la que se incluyen aspectos de valoración de los materiales y recursos ofrecidos, las adaptaciones curriculares y la temporalidad de la propuesta.



## Materiales y Recursos

### Entorno

Para llevar a cabo la presente propuesta se requiere como medio material una conectividad a internet fluida y fiable en el centro educativo y en los hogares de los alumnos y profesores participantes. Además, resulta necesario que los profesores dispongan de un medio de comunicación digital con sus alumnos bien a través de correo o plataformas educativas así como que los alumnos tengan acceso a ordenadores durante el horario de la asignatura. Esta constricción obligó a diseñar una encuesta que explorase a priori las condiciones materiales de los participantes para detectar la presencia de estos materiales mínimos necesarios.

### Instrumentales

A partir de las condiciones básicas descritas resulta también imprescindible poder instalar el programa vectorial de código abierto en el que se desarrolla la instrucción, Inkscape.

### Audiovisuales

Se hace accesible a los participantes una lista de reproducción con varios capítulos de *screencasting* que se utilizarán en las dos unidades didácticas elaboradas para cada curso. En la lista de 2º de la ESO se incluye el capítulo utilizado en esta unidad didáctica sobre la creación de patrones geométricos con ejemplos de motivos decorativos de la Alhambra. En estos videos grabados con la técnica de *Screencasting* se transmite a los alumnos los conocimientos conceptuales y de uso que les permiten llevar a cabo el ejercicio. Estos recursos están accesibles para los participantes mediante la publicación en la plataforma institucional oficial de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Educamadrid, como a través del proveedor de videos por internet más extendido, Youtube. Cada capítulo tiene una duración aproximada de 10 minutos.

## Otros elementos didácticos

### Bibliografía

Lawrence Lessig (2005) *Cultura libre*. Chile: Ediciones LOM.

## Medios audiovisuales e informáticos

Inkscape.org es la página web oficial del programa abierto de dibujo vectorial utilizado. En ella se pueden encontrar tutoriales, referencias bibliográficas y una comunidad de usuarios activa.

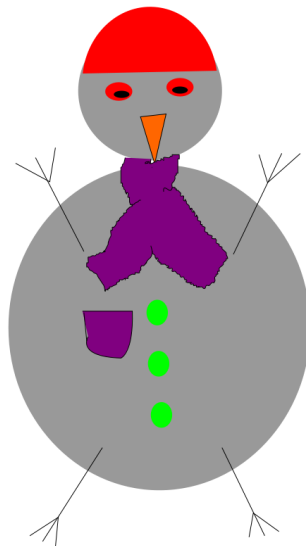
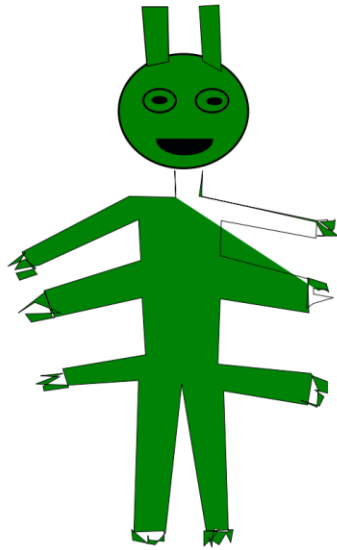
Se puede encontrar la lista de reproducción tanto en el canal personal de la autora de este texto (<https://www.youtube.com/playlist?list=PLlbu8JYb436DUtFWcTOVomz4yBH5ER-qD> ), así como en Educamadrid, accesible en <https://www.educa2.madrid.org/educamadrid/> y también como un repositorio de datos abierto publicado en Zenodo (Sáez-Lacave, 2017).

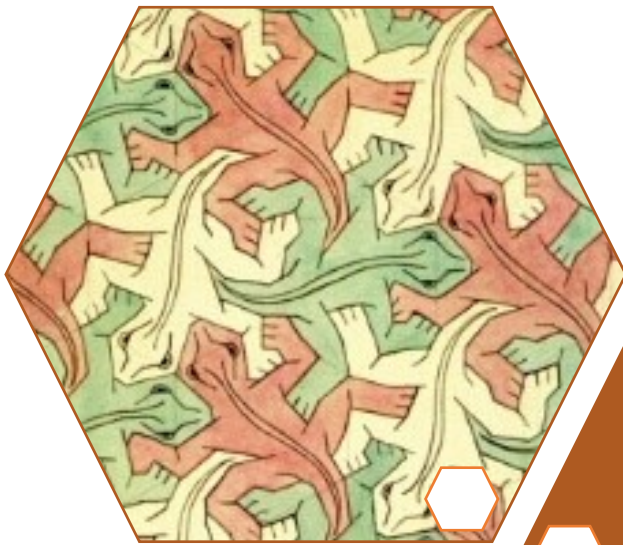
Charla Ted de Lawrence Lessig:  
[https://www.ted.com/talks/larry\\_lessig\\_says\\_the\\_law\\_is\\_strangling\\_creativity](https://www.ted.com/talks/larry_lessig_says_the_law_is_strangling_creativity)

Mark Andreessen blog en  
<https://a16z.com/2011/08/20/why-software-is-eating-the-world/>

## Anexos

Ejemplos de trabajos de alumnos en esta unidad didáctica:





ANIMACIÓN GIF  
Unidad didáctica.  
Educación Plástica,  
Visual y Audiovisual.  
1º de la ESO.  
2 sesiones de 50  
minutos.

## ANIMACIÓN GIF

Unidad didáctica. Educación Plástica,  
Visual y Audiovisual.

1º de la ESO. 2 sesiones de 50  
minutos.

## Introducción

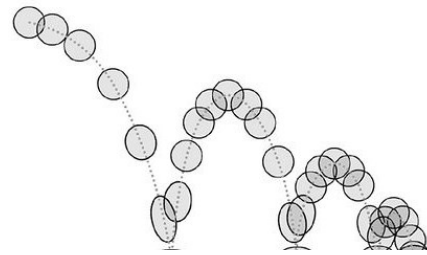


FUENTE DE LA IMAGEN WIKIPEDIA

En esta unidad didáctica presentamos el dibujo vectorial como herramienta para elaborar animaciones gif. Tomaremos como referencia el “Estudio de la división regular del plano con reptiles” que Escher hiciera en 1939 y reutilizó diez años más tarde para la litografía “Reptiles”. A pesar de que la red utilizada es hexagonal, proponemos en nuestro caso partir de un cuadrado para simplificar algo el diseño del motivo, ya que en este ejercicio no

tenemos como objetivo la teselación sino la animación temporal.

La historia de la animación es una rica fuente de materiales visuales de gran atractivo para nuestros alumnos. Podemos usar como referencia primera de la técnica básica de animación el clásico estudio del bote de una pelota.



FUENTE DE LA IMAGEN WWW.IDELWORM.COM

El uso de gráficos vectoriales facilita la técnica de animación y pueden obtenerse resultados muy satisfactorios en poco tiempo.

En esta unidad introducimos las líneas Bèzier, que llevan el nombre de uno de los matemáticos que las formuló y cuya historia personal como ingeniero en la industria de la

automoción y su papel en la historia de la geometría digital puede ser también un punto de arranque motivacional.



Paul de Casteljau

Pierre Bézier

FUENTE DE LA IMAGEN EASY MATH YOUTUBE

## Objetivos

### Objetivos del curso

Los objetivos de etapa que se abordan en esta Unidad son:

- Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.
- Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.
- Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

### Objetivos didácticos

El alumno, al acabar la unidad didáctica, ha de ser capaz de:

- A. Comprender el atractivo de la animación visual como recurso comunicativo.
- B. Elaborar animaciones sencillas.
- C. Dibujar curvas Bèzier con control.
- D. Generar archivos de dibujo vectorial, ser capaz de recuperarlos, difundirlos y publicarlos.
- E. Utilizar intencionalmente las herramientas vectoriales de creación de formas poligonales y de relleno y borde.
- F. Apreciar las cualidades rítmicas y visuales de las animaciones.
- G. Perseverar en la práctica para adquirir destrezas.

### Competencias

Con esta unidad didáctica se contribuye a la adquisición de competencias básicas de la etapa como son:

- Competencia digital, mediante el uso del dibujo vectorial como medio artístico y del screencasting como medio de instrucción.

- Competencia en aprender a aprender, promoviendo la autonomía del estudiante mediante la práctica individualizada y el uso de recursos en línea.
- Competencia en conciencia y expresiones culturales, a través del ejemplo de las obras de arte tomadas como referencia y de la producción por el propio alumno de obras semejantes.

## Contenidos

### Contenidos del curso

Los contenidos de la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual para 1º curso de la ESO están divididos en tres bloques temáticos. Encontramos contenidos que son tratados en esta unidad didáctica en los dos primeros bloques:

#### *Bloque 1. Expresión plástica.*

- Los elementos configuradores de la imagen: el punto, la línea, el plano y el claroscuro.
- Realización de un proceso creativo personal siguiendo las distintas fases: idea inicial, bocetos, pruebas, ejecución definitiva.

#### *Bloque 2. Comunicación audiovisual.*

- El Proceso de elaboración del mensaje audiovisual de la imagen fija a la imagen en movimiento.
- Realización de un proyecto de animación.

### Contenidos específicos de la U. D.

En esta unidad didáctica se presentan contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales desarrollados en las actividades y tareas que se llevan a cabo. Cada profesor que participa en el proyecto debe completar y modificar lo aquí aportado en coherencia con las características cognitivas y socio-culturales de sus grupos de alumnos, con los necesarios ajustes al contexto de su centro, decidiendo sobre las posibles adaptaciones que requiera la atención a la diversidad, sobre los contenidos mínimos exigibles, sobre la secuenciación en tareas y temporalización. Estos contenidos son:

- La percepción de la imagen en movimiento.



- La tradición e historia de la animación.
- Niveles de iconicidad en los mensajes animados.
- Las técnicas mediante las cuales se trazan las curvas en los gráficos vectoriales.
- El uso de las herramientas de dibujo vectorial necesarias para elaborar animaciones mediante el dibujo digital. Generación de formas geométricas, relleno y borde. Cortar, pegar, duplicar. Mover y escalar con control. Proporcionalidad.
- El uso de las tecnologías de la información necesarias para guardar y difundir o publicar archivos digitales de formato vectorial. El formato gif.
- Las cualidades rítmicas y visuales de las animaciones, el tempo, el frame, el storyboard.
- La naturaleza manual del trabajo de animación basado en destrezas, calidades de acabado, fluidez y factura.

## Metodología

### Metodología elegida

El método socrático y la metodología del “aprender haciendo” que propugnara Dewey son métodos con fundamentos afines a las necesidades didácticas de las enseñanzas artísticas y que se adecúan a los objetivos, contenidos y resultados del aprendizaje que tratamos de conseguir en esta unidad didáctica.

Por su naturaleza experimental como parte de una investigación en pedagogía, esta unidad didáctica se articula alrededor del uso del *Screencasting* como medio de instrucción. Cada profesor colaborador puede completar con los métodos aquí sugeridos o elegir otros a excepción del requerimiento para participar en el proyecto, que es el uso de los tutoriales de *screencasting* preparados para cada unidad. Este medio de instrucción requiere que el acceso a internet sea, tanto en casa como en la escuela, una actividad habitual y sin trabas. Los videos interactivos en los que se muestra el uso de herramientas digitales mediante la captura de pantalla comentada en tiempo real han sido popularizados entre las generaciones a las que pertenecen

nuestros alumnos por *gamers* y *youtubers* en las redes sociales.

En nuestro caso los alumnos disponen de los tutoriales, que son accesibles en varias plataformas en línea de manera gratuita, tras ser introducidos y comentados por sus profesores en clase. Cada profesor puede decidir dedicar más o menos tiempo en cada sesión al material aportado, según la adaptación de esta unidad tipo a su contexto concreto lo requiera.

El trabajo en la animación elegida es individual.

### Estrategias de motivación inicial

Nuestros alumnos disponen en sus móviles de iconos animados que insertan con naturalidad en sus intercambios en redes sociales. Desde esta experiencia cotidiana podemos invitarles a llegar más allá de su rol como consumidores y difusores y convertirse en creadores de contenidos, instrumentalizando las tecnologías para su expresión personal.

## Actividades

### Detección de conocimientos previos

Nuestros alumnos han visto muchos dibujos animados y es un tema en el que tienen experiencias previas abundantes. Desde esta experiencia podemos tratar de explicitar las características de la imagen animada y las cualidades del tempo, el uso del ritmo, etc, pidiéndoles ejemplos de sus dibujos preferidos y aportando observaciones guiadas de los rasgos fundamentales de las técnicas de animación.

Esta unidad didáctica ha sido desarrollada en una secuencia en la que es precedida por otra en la que se asientan las bases de dibujo vectorial. Se da por ello por asumido los conocimientos previos que al respecto debieran haber adquirido los alumnos.

## Descripción de las actividades de la U.D.

### Actividades de la Unidad didáctica

#### ANIMACIÓN GIF

##### Tarea 1: Presentación del tema.

El profesor presenta el tema y los contenidos de la Unidad.

##### Distribución temporal

Se dedican 10 minutos de la primera sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.</li><li>➤ Comprender el atractivo de la animación visual como recurso comunicativo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ La tradición e historia de la animación.</li><li>➤ Las cualidades rítmicas y visuales de las animaciones, el tempo, el frame, el storyboard.</li></ul>

## Tarea 2: Visionado colectivo de los tutoriales.

Los alumnos y el profesor visionan juntos el material aportado en los dos capítulos tutoriales revisando dudas y dificultades. El trabajo individual se desarrollará en el tiempo extraescolar.

### Distribución temporal

Se dedican los 40 minutos finales de la primera sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.</li><li>➤ Utilizar intencionalmente las herramientas vectoriales de creación de formas poligonales y de relleno y borde.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia digital</li><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ El Proceso de elaboración del mensaje audiovisual de la imagen fija a la imagen en movimiento.</li><li>➤ Las técnicas mediante las cuales se trazan las curvas en los gráficos vectoriales.</li><li>➤ Los elementos configuradores de la imagen: el punto, la línea, el plano y el claroscuro.</li><li>➤</li></ul>

### Tarea 3: Trabajo individual.

Los alumnos trabajan en el proyecto de animación con ayuda del profesor en el aula. Los proyectos deben haber comenzado en casa como tarea extraescolar, los alumnos acuden al aula con las dudas y dificultades de este trabajo previo. Al final de la sesión se produce la entrega de la tarea final.

### Distribución temporal

Se dedican los primeros 30 minutos de la segunda sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Elaborar animaciones sencillas.</li><li>➤ Perseverar en la práctica para adquirir destrezas.</li><li>➤ Dibujar curvas Bèzier con control.</li><li>➤ Utilizar intencionalmente las herramientas vectoriales de creación de formas poligonales y de relleno y borde.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia digital</li><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Realización de un proyecto de animación.</li><li>➤ Realización de un proceso creativo personal, fases: idea inicial, bocetos, pruebas, ejecución definitiva.</li><li>➤ El uso de las herramientas de dibujo vectorial necesarias para elaborar animaciones mediante el dibujo digital. Generación de formas geométricas. Cortar, pegar, duplicar. Mover y escalar. Proporcionalidad.</li><li>➤ La naturaleza manual del trabajo de animación, calidades de acabado, fluidez y factura.</li></ul>

## Tarea 4: Visionado colectivo de los trabajos.

Los alumnos guiados por el profesor ponen en común sus resultados mediante un visionado comentado en el que se trata de explicitar lo aprendido en el proceso de producción. Preguntas como "¿Qué harías diferente?" "¿Estás satisfecho con el resultado?" "¿Cuál es el que mejor fluye?" son ejemplos de cómo enfocar esta sesión.

### Distribución temporal

Se dedican los 20 minutos finales de la segunda sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.</li><li>➤ Generar archivos de dibujo vectorial, ser capaz de recuperarlos, difundirlos y publicarlos.</li><li>➤ Apreciar las cualidades rítmicas y visuales de las animaciones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia digital</li><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ La percepción de la imagen en movimiento</li><li>➤ Niveles de iconicidad en los mensajes animados.</li><li>➤ El uso de las tecnologías de la información necesarias para guardar y difundir o publicar archivos digitales de formato vectorial. El formato gif.</li></ul>

## Evaluación

La evaluación es un proceso flexible y continuo, que cada profesor desarrolla prestando atención a los alumnos individualmente y a las dinámicas de grupo y ambiente en el que se desarrollan las tareas en el aula.

En cada tarea propuesta se ha de evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en sus varios aspectos y puntos de vista:

- La evolución personal de los alumnos desde la evaluación inicial a la entrega de la tarea final, la auto exigencia y autonomía de estos al elegir los umbrales de dificultad, su capacidad de socialización, participación y trabajo en equipo, sus intereses y actitud hacia la tarea, la perseverancia y destreza con la que se elaboran las tareas procedimentales, las capacidades adquiridas o en formación, la competencia para explicitar lo aprendido verbalmente con la metacognición propia del aprendizaje significativo.
- La experiencia del profesor en cuanto a la adecuación de los recursos, de la temporalidad y de las estrategias y tareas propuestas con respecto a los objetivos y expectativas que durante la planificación se hubieran planteado.

Además de la observación y la atención prestada de esta manera, otras herramientas de evaluación concretas que se instrumentalizan en estas tareas son:

- La entrega de la tarea final en el tiempo y forma requeridos, en la que se evidencie el uso de las destrezas concretas y los contenidos de la unidad didáctica.

## Criterios de evaluación

Los Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables de la asignatura y etapa en el que se encuadra esta unidad didáctica y que podemos aplicar en la misma son:

- Identifica y valora la importancia del punto, la línea y el plano analizando de manera oral y escrita imágenes y producciones gráfico plásticas propias y ajenas.
- Analiza los ritmos lineales mediante la observación de elementos orgánicos, en el paisaje, en los objetos y en

composiciones artísticas, empleándolos como inspiración en creaciones gráfico- plásticas.

- Experimenta con el punto, la línea y el plano con el concepto de ritmo, aplicándolos de forma libre y espontánea
- Analiza, identifica y explica oralmente, por escrito y gráficamente, el esquema compositivo básico de obras de arte y obras propias, atendiendo a los conceptos de equilibrio, proporción y ritmo.
- Realiza composiciones básicas con diferentes técnicas según las propuestas establecidas por escrito.
- Crea composiciones aplicando procesos creativos sencillos, mediante propuestas por escrito ajustándose a los objetivos finales.
- Analiza las causas por las que se produce una ilusión óptica aplicando conocimientos de los procesos perceptivos.
- Crea imágenes con distintos grados de iconicidad basándose en un mismo tema.
- Elabora una animación con medios digitales y/o analógicos.

### Criterios de calificación y contenidos mínimos exigibles

La calificación en esta etapa viene enmarcada por la exigencia de expresar los resultados de la evaluación mediante una calificación numérica. Se requiere así mismo que en las actas figure una cifra sin emplear decimales, en una escala de 1 a 10, que debe ir acompañada de los siguientes términos: Insuficiente (IN), Suficiente (SU), Bien (BI), Notable (NT), Sobresaliente (SB), aplicándose las siguientes correspondencias: — Insuficiente: 1, 2,3 o 4. — Suficiente: 5. — Bien: 6. — Notable: 7 u 8. — Sobresaliente: 9 o 10.

Cada profesor participante debe adecuar e introducir armoniosamente estas unidades didácticas en su programación anual, aplicando criterios y porcentajes de calificación semejantes en ellas a los que haya desarrollado para el resto de su propuesta curricular de aula. La calificación de los alumnos no es tomada como dato en el presente proyecto experimental para llegar a conclusiones y



por lo tanto queda enteramente al criterio de cada profesor el uso de estos materiales a efectos de la calificación. Respetando cada contexto concreto, como diseñadores del proyecto experimental creemos que los resultados de los datos que pretendemos recopilar serán más homogéneos y fiables si en todos los casos de participación se toman en cuenta de cara a la calificación las tareas propuestas. Sugerimos como contenidos mínimos exigibles la entrega de una animación en formato gif del tránsito de un cuadrado a una figura de réptil.

## Evaluación de la Unidad didáctica

Como parte de la participación en el proyecto experimental en el que estas unidades didácticas se enmarcan se requiere de los profesores al final de la experiencia una evaluación en forma de encuesta de satisfacción en la que se incluyen aspectos de valoración de los materiales y recursos ofrecidos, las adaptaciones curriculares y la temporalidad de la propuesta.

## Materiales y Recursos

### Entorno

Para llevar a cabo la presente propuesta se requiere como medio material una conectividad a internet fluida y fiable en el centro educativo y en los hogares de los alumnos y profesores participantes. Además, resulta necesario que los profesores dispongan de un medio de comunicación digital con sus alumnos bien a través de correo o plataformas educativas así como que los alumnos tengan acceso a ordenadores durante el horario de la asignatura. Esta constricción obligó a diseñar una encuesta que explorase a priori las condiciones materiales de los proyectivos participantes para detectar la presencia de estos materiales mínimos necesarios.

### Instrumentales

A partir de las condiciones básicas descritas resulta también imprescindible poder instalar el programa vectorial de código abierto en el que se desarrolla la instrucción, Inkscape.

## Audiovisuales

Se hace accesible a los participantes una lista de reproducción con varios capítulos de *screencasting* que se utilizarán en las dos unidades didácticas elaboradas para cada curso. En la lista de 2º de la ESO se incluye el capítulo utilizado en esta unidad didáctica sobre la creación de patrones geométricos con ejemplos de motivos decorativos de la Alhambra. En estos videos grabados con la técnica de *Screencasting* se transmite a los alumnos los conocimientos conceptuales y de uso que les permiten llevar a cabo el ejercicio. Estos recursos están accesibles para los participantes mediante la publicación en la plataforma institucional oficial de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, Educamadrid, como a través del proveedor de videos por internet más extendido, Youtube.

Cada capítulo tiene una duración aproximada de 10 minutos.

## Otros elementos didácticos

### Bibliografía

Ernst, Bruno (2006). *Mundos imposibles*. Benedikt Taschen Verlag GmbH. ISBN 3-8228-5630-7.

Williams, Richard E. (2001) *The Animator's Survival Kit: A Working Manual of Methods, Principles and Formulas for Computer, Stop-motion, Games and Classical Animators (Applied Arts)*

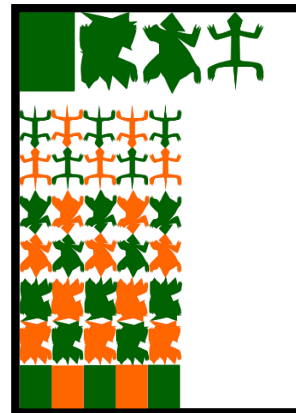
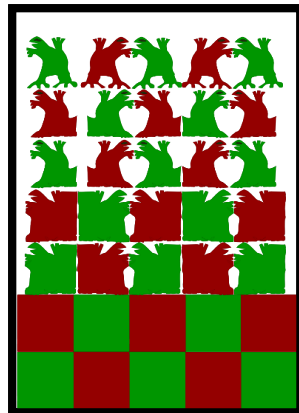
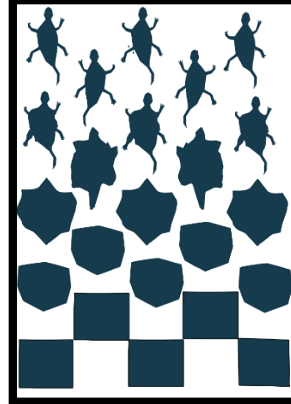
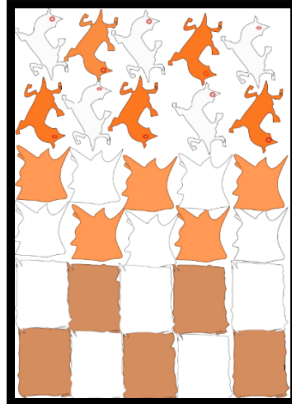
## Medios audiovisuales e informáticos

- Inkscape.org es la página web oficial del programa abierto de dibujo vectorial utilizado. En ella se pueden encontrar tutoriales, referencias bibliográficas y una comunidad de usuarios activa.
- Se puede encontrar la lista de reproducción tanto en el canal personal de la autora de este texto (<https://www.youtube.com/playlist?list=PLlbu8JYb436DUtFWcTOVomz4yBH5ER-qD>) como en el repositorio web de materiales educativos institucional (Mediateca) creado por la administración regional en su plataforma de servicios educativos, Educamadrid, accesible en <https://www.educa2.madrid.org/educamadrid/>, así como en el repositorio de datos abierto Zenodo (Sáez-Lacave, 2017)

- <http://www.theanimatorssurvivalkit.com/>
- Página oficial de Escher: <https://mcescher.com/>
- En Wikipedia: Historia de la animación e Historia de los gráficos vectoriales

## Anexos

Ejemplos de trabajos de alumnos en esta unidad didáctica:





RED

GEOMÉTRICA

NAZARÍ

Unidad didáctica

Educación Plástica, Visual y

Audiovisual. 2º de la ESO.

2 sesiones de 50 minutos.

## RED GEOMÉTRICA NAZARÍ

Unidad didáctica. Educación Plástica,  
Visual y Audiovisual.

2º de la ESO. 2 sesiones de 50  
minutos

## Introducción

En esta unidad didáctica presentamos el dibujo vectorial como herramienta para elaborar patrones geométricos.

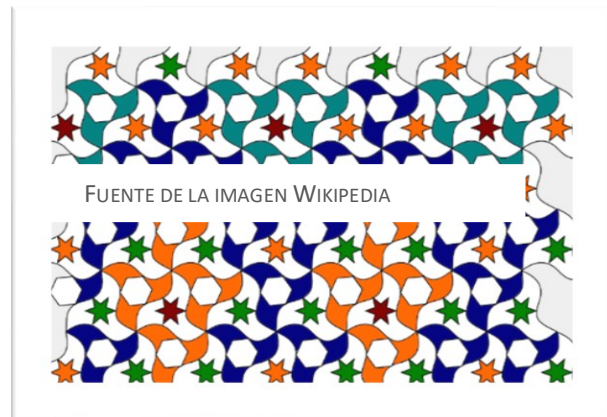


Tomaremos como referencia el patrón conocido como “Pajarita nazarí” que forma parte del programa decorativo de La Alhambra. Este patrón geométrico se basa en una red triangular que tesela la superficie de manera infinita en todas las direcciones y requiere del trazado

de polígonos y arcos de circunferencia. La producción de piezas cerámicas para recubrir paredes y suelos con patrones de repetición semejantes sigue siendo habitual. Los alumnos pueden encontrar en su entorno ejemplos de uso actual.

El uso de programas vectoriales para dibujar patrones geométricos nos invita a comparar la tarea con la experiencia previa adquirida con el compás y las reglas, pudiendo contextualizar el aprendizaje en un marco procedimental,

centrado en la adquisición de habilidades y destrezas. Las relaciones con el contexto histórico, tanto por su uso como decoración iconoclasta del monumento del siglo XIII como por marcar un hito en la historia de la topología, pueden ser una manera de abordar la presentación del tema y las actividades de motivación inicial.



## Objetivos

### Objetivos del curso

Los objetivos de etapa que se abordan en esta Unidad son:

- Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.
- Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.
- Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

### Objetivos didácticos

El alumno, al acabar la unidad didáctica, ha de ser capaz de:

- A. Comprender el atractivo de la repetición visual como recurso decorativo.
- B. Elaborar redes geométricas sencillas.
- C. Dibujar formas poligonales regulares a diferentes escalas con precisión.
- D. Generar archivos de dibujo vectorial, ser capaz de recuperarlos, difundirlos y publicarlos.
- E. Utilizar intencionalmente las herramientas vectoriales de creación de formas poligonales y de relleno y borde.
- F. Apreciar las cualidades rítmicas y visuales de los patrones geométricos.
- G. Perseverar en la práctica para adquirir destrezas.

### Competencias

Con esta unidad didáctica se contribuye a la adquisición de competencias básicas de la etapa como son:

- Competencia digital, mediante el uso del dibujo vectorial como medio artístico y del screencasting como medio de instrucción.

- Competencia en aprender a aprender, promoviendo la autonomía del estudiante mediante la práctica individualizada y el uso de recursos en línea.
- Competencia en conciencia y expresiones culturales, a través del ejemplo de las obras de arte tomadas como referencia y de la producción por el propio alumno de obras semejantes.

## Contenidos

### Contenidos del curso

Los contenidos de la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual para 2º curso de la ESO están divididos en tres bloques temáticos. En cada bloque encontramos contenidos que son tratados en esta unidad didáctica:

#### *Bloque 1. Expresión plástica.*

- Construcción de estructuras modulares y aplicaciones al arte y el diseño.
- La Imagen visual como representación: niveles de iconicidad.

#### *Bloque 2. Comunicación audiovisual.*

- El entorno comunicativo: iconicidad y abstracción.

#### *Bloque 3. Dibujo técnico.*

- Diseños aplicando giros y simetrías de módulos.

### Contenidos específicos de la U. D.

En esta unidad didáctica se presentan contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales desarrollados en las actividades y tareas que se llevan a cabo. Cada profesor que participa en el proyecto debe completar y modificar lo aquí aportado en coherencia con las características cognitivas y socio-culturales de sus grupos de alumnos, con los necesarios ajustes al contexto de su centro, decidiendo sobre las posibles adaptaciones que requiera la atención a la diversidad, sobre los contenidos mínimos exigibles, sobre la secuenciación en tareas y temporalización. Estos contenidos son:

- La naturaleza anisotrópica de la visión humana como fuente de agrado de los patrones decorativos basados en la repetición y la geometría.



- Las tradiciones artesanales de elaboración de patrones decorativos basados en la repetición y la geometría en diferentes épocas y culturas.
- Niveles de iconicidad en los patrones decorativos.
- Las técnicas mediante las cuales se trazan los patrones geométricos con precisión. Uso de guías, reglas y plantillas.
- El uso de las herramientas de dibujo vectorial necesarias para elaborar patrones geométricos mediante la geometría digital. Generación de formas geométricas, relleno y borde. Cortar, pegar, duplicar. Mover y escalar con control. Proporcionalidad.
- El uso de las tecnologías de la información necesarias para guardar y difundir o publicar archivos digitales de formato vectorial.
- Las cualidades rítmicas y visuales de los patrones geométricos, conceptos de teselación y topología.
- La naturaleza manual del trabajo artesanal basado en destrezas, calidades de acabado, precisión y factura.

## Metodología

### Metodología elegida

El método socrático y la metodología del “aprender haciendo” que propugnara Dewey son métodos con fundamentos afines a las necesidades didácticas de las enseñanzas artísticas y que se adecúan a los objetivos, contenidos y resultados del aprendizaje que tratamos de conseguir en esta unidad didáctica.

Por su naturaleza experimental como parte de una investigación en pedagogía, esta unidad didáctica se articula alrededor del uso del *Screencasting* como medio de instrucción. Cada profesor colaborador puede completar con los métodos aquí sugeridos o elegir otros a excepción del requerimiento para participar en el proyecto, que es el uso de los tutoriales de *screencasting* preparados para cada unidad. Este medio de instrucción requiere que el acceso a internet sea, tanto en casa como en la escuela, una actividad habitual y sin trabas. Los videos interactivos en los que se muestra el uso de herramientas digitales mediante la captura

de pantalla comentada en tiempo real han sido popularizados entre las generaciones a las que pertenecen nuestros alumnos por *gamers* y *youtubers* en las redes sociales.

En nuestro caso los alumnos disponen de los tutoriales, que son accesibles en varias plataformas en línea de manera gratuita, tras ser introducidos y comentados por sus profesores en clase. Cada profesor puede decidir dedicar más o menos tiempo en cada sesión al material aportado, según la adaptación de esta unidad tipo a su contexto concreto lo requiera.

El trabajo en el patrón elegido es individual, aunque pueden coordinarse medidas y acabados para obtener mayor efecto en la exhibición pública si así se ha planeado.

### Estrategias de motivación inicial

Como ejemplo de posible estrategia de motivación inicial proponemos buscar una pared o elemento arquitectónico del centro escolar que sea susceptible de ser decorado con un friso decorativo para usarlo como soporte de exhibición de los trabajos acabados. Los propios alumnos pueden sugerir qué lugares les gustaría decorar con este trabajo. Toda la actividad se debe entonces ajustar a las dimensiones y naturaleza del lugar escogido.

## Actividades

### Detección de conocimientos previos

Conversatorio sobre La Alhambra, la iconoclastía y la belleza de la geometría y su uso religioso en distintas culturas y épocas. El profesor introduce el tema y elabora un discurso en el que se pida la participación de los alumnos mediante preguntas, “que levante la mano el que haya estado en La Alhambra”, “¿alguno tiene en casa baldosas de suelo o pared que no sean cuadradas?”, “¿habéis oído hablar de las guerras entre iconoclastas e iconodulos?”, “¿quién ve una pajarita en esta imagen?”, “¿por qué nos gusta decorar los espacios?”, etc. El uso de imágenes de apoyo puede ser muy útil si se dispone de los medios adecuados. Contar una historia con formato narrativo o recurrir a anécdotas es siempre una estrategia de motivación inicial recomendable. Se concluye esta actividad con un “vamos a hacer nuestra propia pajarita” o “¿nos atrevemos a decorar nosotros el pasillo?”.

Dependiendo de la experiencia previa con el dibujo digital del grupo puede hacerse necesario repasar también la situación concreta de capacitación técnica con preguntas sobre la instalación correcta del programa a partir de los resultados de la unidad didáctica anterior, para detectar casos de alumnos que puedan necesitar ayuda en este sentido.

## Descripción de las actividades de la U.D

### Actividades de la Unidad didáctica

#### RED GEOMÉTRICA NAZARÍ

#### Tarea 1: Conversatorio.

Los alumnos y el profesor desarrollan un intercambio guiado en el que se introduce el tema y los objetivos de la unidad didáctica.

#### Distribución temporal

Se dedican los primeros 20 minutos de la primera sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Conocer, valorar y respetar los aspectos básicos de la cultura y la historia propias y de los demás, así como el patrimonio artístico y cultural.</li> <li>➤ Comprender el atractivo de la repetición visual como recurso decorativo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Competencia artística y cultural</li> <li>➤ Competencia para aprender a aprender</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La imagen visual como representación: niveles de iconicidad.</li> <li>➤ El entorno comunicativo: iconicidad y abstracción.</li> <li>➤ Niveles de iconicidad en los patrones decorativos.</li> <li>➤ La naturaleza anisotrópica de la visión humana como fuente de agrado en patrones decorativos, la repetición y la geometría.</li> </ul>

## Tarea 2: Visionado colectivo.

Los alumnos y el profesor visionan el tutorial de screencasting “Pajarita nazarí” de la lista de reproducción en una de las plataformas en línea en las que se hace disponible. El contexto de cada centro determinará si es posible que los alumnos puedan seguir el tutorial desde sus terminales siguiendo las instrucciones simultáneamente o interactuando con el video.

## Distribución temporal

Se dedican los 30 minutos finales de la primera sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.</li><li>➤ Utilizar intencionalmente las herramientas vectoriales de creación de formas poligonales y de relleno y borde.</li><li>➤</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia digital</li><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Construcción de estructuras modulares y aplicaciones al arte y el diseño.</li><li>➤ El uso de las herramientas de dibujo vectorial necesarias para elaborar patrones geométricos mediante la geometría digital. Generación de formas geométricas, relleno y borde. Cortar, pegar, duplicar. Mover y escalar con control. Proporcionalidad.</li></ul>

### Tarea 3: Asamblea creativa.

Los alumnos deciden para qué espacio trabajan y si lo hacen de manera individual o colectiva. Deben elegirse paredes en el centro escolar, en su habitación o en su casa a las que tomar medidas para elaborar un friso con el patrón geométrico propuesto. Se presentan propuestas y se organizan grupos, se puede votar a mano alzada o debatir según sea necesario. Debe llamarse la atención de los alumnos sobre la necesidad de conseguir un acabado final de calidad con la precisión y adecuación necesarias para conseguir el efecto decorativo perseguido. Se deben definir los parámetros concretos de la tarea final.

### Distribución temporal

Se dedican los primeros 20 minutos de la segunda sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Apreciar las cualidades rítmicas y visuales de los patrones geométricos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ El entorno comunicativo: iconicidad y abstracción.</li><li>➤ Niveles de iconicidad en los patrones decorativos.</li><li>➤ Las tradiciones artesanales de elaboración de patrones decorativos basados en la repetición y la geometría en diferentes épocas y culturas.</li><li>➤ La naturaleza manual del trabajo artesanal basado en destrezas, calidades de acabado, precisión y factura.</li><li>➤ Las cualidades rítmicas y visuales de los patrones geométricos, conceptos de teselación y topología.</li></ul>

## Tarea 4: Trabajo en clase. Elaboración de la tarea final.

Los alumnos, en grupo o individualmente, comienzan a elaborar el patrón geométrico siguiendo el tutorial, con la asistencia del profesor, adaptando las medidas, colores y acabados finales a lo decidido en la asamblea.

### Distribución temporal

Se dedican los 30 minutos finales de la segunda sesión.

OBJETIVOS	COMPETENCIAS	CONTENIDOS
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Apreciar la creación artística y comprender las distintas manifestaciones artísticas, usar diversos medios de expresión y representación.</li><li>➤ Elaborar redes geométricas sencillas.</li><li>➤ Dibujar formas poligonales regulares a diferentes escalas con precisión.</li><li>➤ Generar archivos de dibujo vectorial, ser capaz de recuperarlos, difundirlos y publicarlos.</li><li>➤ Utilizar intencionalmente las herramientas vectoriales de formas, de relleno y borde.</li><li>➤ Perseverar en la práctica para adquirir destrezas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Competencia digital</li><li>➤ Competencia artística y cultural</li><li>➤ Competencia para aprender a aprender</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Diseños aplicando giros y simetrías de módulos.</li><li>➤ Las técnicas precisas de trazado de patrones geométricos. Uso de guías, reglas y plantillas.</li><li>➤ El uso de las herramientas de dibujo vectorial necesarias para elaborar patrones geométricos. Generación de formas geométricas, relleno y borde. Cortar, pegar, duplicar. Mover y escalar con control. Proporcionalidad.</li><li>➤ El uso de las tecnologías de la información necesarias para guardar y difundir archivos digitales de formato vectorial.</li></ul>

## Evaluación

La evaluación es un proceso flexible y continuo, que cada profesor desarrolla prestando atención a los alumnos individualmente y a las dinámicas de grupo y ambiente en el que se desarrollan las tareas en el aula.

En cada tarea propuesta se ha de evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en sus varios aspectos y puntos de vista:

- La evolución personal de los alumnos desde la evaluación inicial a la entrega de la tarea final, la auto exigencia y autonomía de estos al elegir los umbrales de dificultad, su capacidad de socialización, participación y trabajo en equipo, sus intereses y actitud hacia la tarea, la perseverancia y destreza con la que se elaboran las tareas procedimentales, las capacidades adquiridas o en formación, la competencia para explicitar lo aprendido verbalmente con la metacognición propia del aprendizaje significativo.
- La experiencia del profesor en cuanto a la adecuación de los recursos, de la temporalidad y de las estrategias y tareas propuestas con respecto a los objetivos y expectativas que durante la planificación se hubieran planteado.

Además de la observación y la atención prestada de esta manera, otras herramientas de evaluación concretas que se instrumentalizan en estas tareas son:

- La entrega de la tarea final en el tiempo y forma requeridos, en la que se evidencie el uso de las destrezas concretas y los contenidos de la unidad didáctica.

## Criterios de evaluación

Los Criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables de la asignatura y etapa en el que se encuadra esta unidad didáctica y que podemos aplicar en la misma son:

- Experimenta con el punto, la línea y el plano con el concepto de ritmo, aplicándolos de forma libre y espontánea.
- Experimenta con el valor expresivo de la línea y el punto y sus posibilidades tonales, aplicando distintos grados de dureza, distintas posiciones del lápiz de grafico o de color



(tumbado o vertical) y la presión ejercida en la aplicación, en composiciones a mano alzada, estructuradas geométricamente o más libres y espontáneas.

- Realiza composiciones modulares con diferentes procedimientos gráfico-plásticos en aplicaciones al diseño textil, ornamental, arquitectónico o decorativo.
- Crear composiciones gráfico-plásticas personales y colectivas.
- Diferencia imágenes figurativas de abstractas.
- Reconoce distintos grados de iconicidad en una serie de imágenes.
- Ejecuta diseños aplicando repeticiones, giros y simetrías de módulos.

### Criterios de calificación y contenidos mínimos exigibles

La calificación en esta etapa viene enmarcada por la exigencia de expresar los resultados de la evaluación mediante una calificación numérica. Se requiere así mismo que en las actas figure una cifra sin emplear decimales, en una escala de 1 a 10, que debe ir acompañada de los siguientes términos: Insuficiente (IN), Suficiente (SU), Bien (BI), Notable (NT), Sobresaliente (SB), aplicándose las siguientes correspondencias: — Insuficiente: 1, 2,3 o 4. — Suficiente: 5. — Bien: 6. — Notable: 7 u 8. — Sobresaliente: 9 o 10.

Cada profesor participante debe adecuar e introducir armoniosamente estas unidades didácticas en su programación anual, aplicando criterios de calificación semejantes en ellas a los que haya desarrollado para el resto de su propuesta curricular de aula. La calificación de los alumnos no es tomada como dato en el presente proyecto experimental para llegar a conclusiones y por lo tanto queda enteramente al criterio de cada profesor el uso de estos materiales a efectos de la calificación. Respetando cada contexto concreto, como diseñadores del proyecto experimental creemos que los resultados de los datos que pretendemos recopilar serán más homogéneos y fiables si en todos los casos de participación se toman en cuenta de cara a la calificación las tareas propuestas. Sugerimos como contenidos mínimos exigibles la entrega de una red geométrica triangular en formato vectorial.

## Evaluación de la Unidad didáctica

Como parte de la participación en el proyecto experimental en el que estas unidades didácticas se enmarcan se requiere de los profesores al final de la experiencia una evaluación en forma de encuesta de satisfacción en la que se incluyen aspectos de valoración de los materiales y recursos ofrecidos, las adaptaciones curriculares y la temporalidad de la propuesta.

## Materiales y Recursos

### Entorno

Para llevar a cabo la presente propuesta se requiere como medio material una conectividad a internet fluida y fiable en el centro educativo y en los hogares de los alumnos y profesores participantes. Además, resulta necesario que los profesores dispongan de un medio de comunicación digital con sus alumnos bien a través de correo o plataformas educativas así como que los alumnos tengan acceso a ordenadores durante el horario de la asignatura. Esta constricción obligó a diseñar una encuesta que explorase a priori las condiciones materiales de los proyectivos participantes para detectar la presencia de estos materiales mínimos necesarios.

### Instrumentales

A partir de las condiciones básicas descritas resulta también imprescindible poder instalar el programa vectorial de código abierto en el que se desarrolla la instrucción, Inkscape.

### Audiovisuales

Se hace accesible a los participantes una lista de reproducción con varios capítulos de *screencasting* que se utilizarán en las dos unidades didácticas elaboradas para cada curso. En la lista de 2º de la ESO se incluye el capítulo utilizado en esta unidad didáctica sobre la creación de patrones geométricos con ejemplos de motivos decorativos de la Alhambra. En estos videos grabados con la técnica de *Screencasting* se transmite a los alumnos los conocimientos conceptuales y de uso que les permiten llevar a cabo el ejercicio. Se hacen accesibles a los participantes tanto mediante la publicación en la plataforma institucional oficial de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid,

Educamadrid, como a través del proveedor de videos por internet más extendido, Youtube.

Cada capítulo tiene una duración aproximada de 10 minutos.

## Otros elementos didácticos

### Bibliografía

Broug, E. (2008) Islamic geometric patterns. London: Thames & Hudson.

Pérez Gómez, R. (1990) 'Live the Alhambra. "Alicatados" (Tiling in the Alhambra)'. Granada: Proyecto Sur de Ediciones, S.A.L.

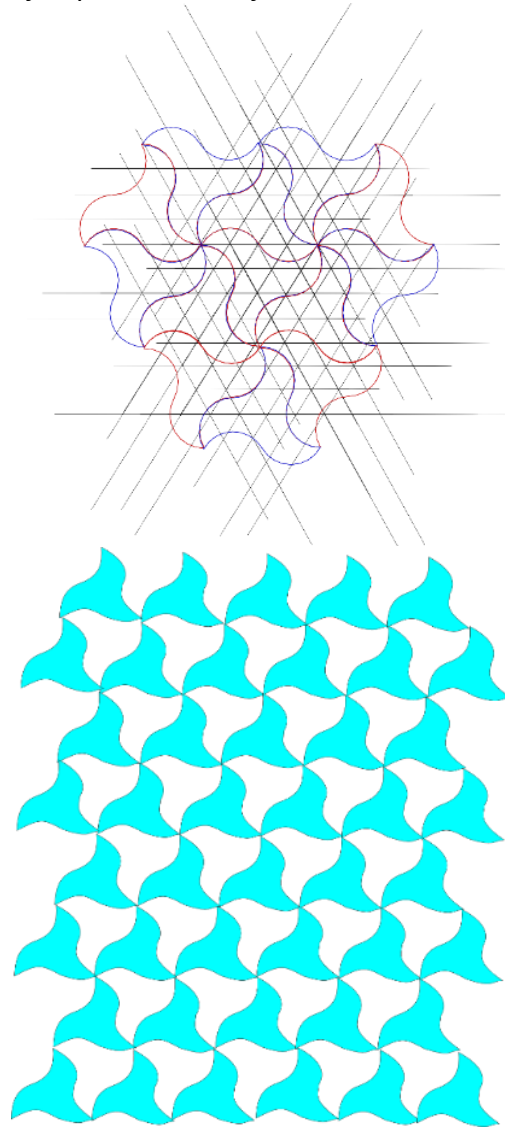
Irwin, R. (2011) The Alhambra. Harvard University Press.

### Medios audiovisuales e informáticos

- Inkscape.org es la página web oficial del programa abierto de dibujo vectorial utilizado. En ella se pueden encontrar tutoriales, referencias bibliográficas y una comunidad de usuarios activa.
- Se puede encontrar la lista de reproducción tanto en el canal personal de la autora de este texto (<https://www.youtube.com/playlist?list=PLlbu8JYb436DUtFWcTOVomz4yBH5ER-qD>) como en el repositorio web de materiales educativos institucional (Mediateca) creado por la administración regional en su plataforma de servicios educativos, Educamadrid, accesible en <https://www.educa2.madrid.org/educamadrid/>, así como en el repositorio de datos abierto Zenodo (Sáez-Lacave, 2017)
- Wikipedia dedica varias páginas a la Alhambra y a los patrones geométricos con diferentes niveles de profundidad.

## Anexos

Ejemplos de trabajos de alumnos en esta unidad didáctica:



### 3.1.3 Muestra

Como primera actividad de participación en el proyecto se hizo llegar a los profesores que manifestaron interés una encuesta en la que declaraban datos descriptivos de la muestra. El número de alumnos y clases, la tecnología disponible en el centro escolar, la experiencia previa en el uso de las tecnologías y en su aplicación docente, y datos de identificación personal. En esta primera etapa de captación varios participantes abandonaron el proyecto bien por falta de los medios tecnológicos necesarios o por falta de oportunidad para llevar a cabo las actividades o por motivos personales. De entre los profesores que continuaron adelante se contactó a varios para proponerles una variación en la temporalización de aplicación que hiciera posible obtener datos de sus alumnos como controles del experimento. La participación ha sido voluntaria en todo momento y los materiales se han ofrecido de manera abierta sin obligaciones de uso de ningún tipo. Al final del curso escolar, antes de las vacaciones de verano, una encuesta anonimizada diseñada para la recogida de datos final se hizo llegar a todos los participantes. Las respuestas obtenidas de esta encuesta constituyen la muestra de este estudio, siendo estos alumnos de tres profesoras en tres Centros de Educación Secundaria de la Comunidad de Madrid.

Nuestra muestra se compone de tres profesoras y sus 247 alumnos, 144 de los cuales cursaban Primero de la ESO y habían nacido en 2002/3, y 103 de ellos estudiaban Segundo de la ESO y cumplían en ese curso escolar 13 años de edad. Las profesoras participantes ejercían en el IES Satafi de Getafe, en el IES Las Rozas 1 de Las Rozas y en el Colegio Blanca de Castilla de Madrid. Los tres centros disponen de programas tecnológicos de sofisticación semejante, con plataformas de aprendizaje de aulas virtuales, con un ratio de ordenadores y conectividad similar entre ellos. Los alumnos disponían de ordenadores y conexión a internet tanto en la escuela como en casa.

Caracterizar la muestra en más detalle no resulta necesario para llevar a cabo este estudio, pero los datos sobre rendimiento académico, entorno sociocultural, división por género, etc., pueden ser extraídos de los publicados por el informe PISA de la OCDE.

### 3.1.4 Instrumentos de recogida de datos y medidas realizadas

La participación en el proyecto se hizo constar a través de una encuesta en la que se recogían datos de identificación general y de descripción de las condiciones de los centros de enseñanza (Anexo 3: formulario de participación).

La recogida de datos se llevó a cabo a través de una encuesta anónima efectuada entre mayo y junio de 2018 a los estudiantes de las escuelas participantes, que puede encontrarse en el Anexo 1: formulario de la encuesta final, y que tras las preguntas necesarias para determinar el curso y grado de participación de cada respuesta constaba de las siguientes preguntas:

#### **Instalación**

Tengo instalado Inkscape en el ordenador que más uso

- Si
- No

#### **Software libre**

Un programa de código abierto es:

- Cualquiera que sea gratuito
- Aquel que permite cambiar el código y repartirlo a cualquiera con cualquier propósito.
- No lo sé.

#### **Vectorial**

Un editor de gráficos vectoriales es:

- Una aplicación informática que permite dibujar en la pantalla del ordenador usando objetos geométricos
- Un programa para retocar fotografías
- No lo sé.

#### **Videotutorial**

Ve online y encuentra un videotutorial en español para Inkscape que te parezca interesante y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

#### **Formatos**

Ve online y encuentra una imagen que puedas importar en Inkscape y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

#### **Dibujar**

Ve a <https://vectr.com/> y haz un dibujo. Expórtalo y pega aquí el link. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

En la tabla final de datos (ver Tabla 2) se recogen un total de 247 respuestas a esta encuesta, que constaba de varias actividades y preguntas tipo test con la intención de valorar la adquisición de habilidades y contenidos relacionados con los objetivos de la investigación y los materiales proporcionados durante el curso como parte de la participación en el proyecto. Los estudiantes contestaron a esta encuesta de manera anónima de manera independiente durante su horario lectivo y bajo supervisión de sus profesoras.

Puesto que las hipótesis de trabajo del estudio tienen como eje central la autonomía y la participación, se tomó como variable principal el valor de la participación. Una de las preguntas de la encuesta se diseñó para caracterizar la implicación en el proyecto y se tomó como referencia los datos que arrojaba en la agrupación para el análisis estadístico. Esta pregunta tenía formato tipo test, era de obligada respuesta, y su enunciado era: “He visto los vídeos tutoriales del programa de *screencasting* para Inkscape”. En la codificación posterior aparece bajo la categoría nombrada “Participación” con los siguientes valores posibles según las repuestas de los participantes:

- Valor = 1 estudiantes que elegían la opción “No los conozco”
- Valor = 2 estudiantes que elegían la opción “Algunos, no todos”
- Valor = 3 estudiantes que elegían la opción “Los he seguido en clase con mi profesor/a de Plástica”
- Valor = 4 estudiantes que elegían la opción “Los he seguido por mi cuenta”

En el valor = 1 esperamos encontrar los datos de aquellos que no han seguido el programa y son tomados como controles para el análisis estadístico. El valor de la variable de participación pasa a ser tomada como criterio de clasificación de los estudiantes, a los que nos referiremos como miembros del grupo 1, 2, 3 o 4 según esta respuesta.

El resto de las respuestas aportadas en la encuesta tenían diferentes valores que se graduaban de menor-peor a mayor-mejor de la manera siguiente:

- La categoría “Instalación” recoge las respuestas a la pregunta “Tengo instalado Inkscape en el ordenador que más uso”. Las respuestas de los alumnos que responden “sí” aparecen codificadas con valor = 1 y las negativas con valor = 0.
- La categoría “Software libre” recoge las respuestas a la pregunta “Un programa de código abierto es”. Las respuestas posibles y sus valores son: “No lo sé” = 0 ; “cualquiera que sea gratuito” = 1 ; “Aquel que permite cambiar el código y repartirlo a cualquiera con cualquier propósito” = 2
- La categoría “Vectorial” recoge las respuestas a la pregunta “Un editor de gráficos vectoriales es”. Las posibles respuestas y sus valores son: sin respuesta = 0 ; “No lo sé” = 1 ; “Un programa para retocar fotografías” = 2 ; “Una aplicación informática que permite dibujar en la pantalla del ordenador usando objetos geométricos” = 3.
- La categoría “Videotutorial” recoge las respuestas a la pregunta “Ve online y encuentra un videotutorial en español para Inkscape que te parezca interesante y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad”. Las respuestas fueron procesadas una a una y se asignaron los siguientes valores: respuesta traviesa = 1 ; respuesta “no lo sé” o similar = 2 ; respuesta aduciendo errores técnicos o link aportado no funciona = 3 ; respuesta que aporta un link correcto a uno de los tutoriales de Inkscape aportados por la presente investigación = 4 ; respuesta que aporta un link correcto a un tutorial de Inkscape en español no relacionado con la presente investigación = 5
- La categoría “Dibujo” recoge las respuestas a la pregunta “Ve a <https://vectr.com/> y haz un dibujo. Expórtalo y pega aquí el link. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.” Las respuestas fueron procesadas una a una y se asignaron los siguientes valores: respuesta traviesa = 0 ; respuesta “no lo sé” o similar = 1; respuesta aduciendo errores técnicos o link aportado no funciona = 2 ; respuesta que aporta un link correcto a un dibujo sencillo con uso de una sola herramienta = 3 (ver Figura 7); respuesta que aporta un link correcto a un dibujo complejo con uso de más de una herramienta = 4 (ver Figura 8); respuesta que aporta un link correcto a un dibujo complejo con uso de varias herramientas y consiguiendo efecto y composición = 5 (ver Figura 9). La totalidad de los dibujos recibidos pueden encontrarse en el Anexo4: Dibujos recibidos como respuesta



durante la fase experimental, a continuación se ofrecen ejemplos de la categorización de los valores

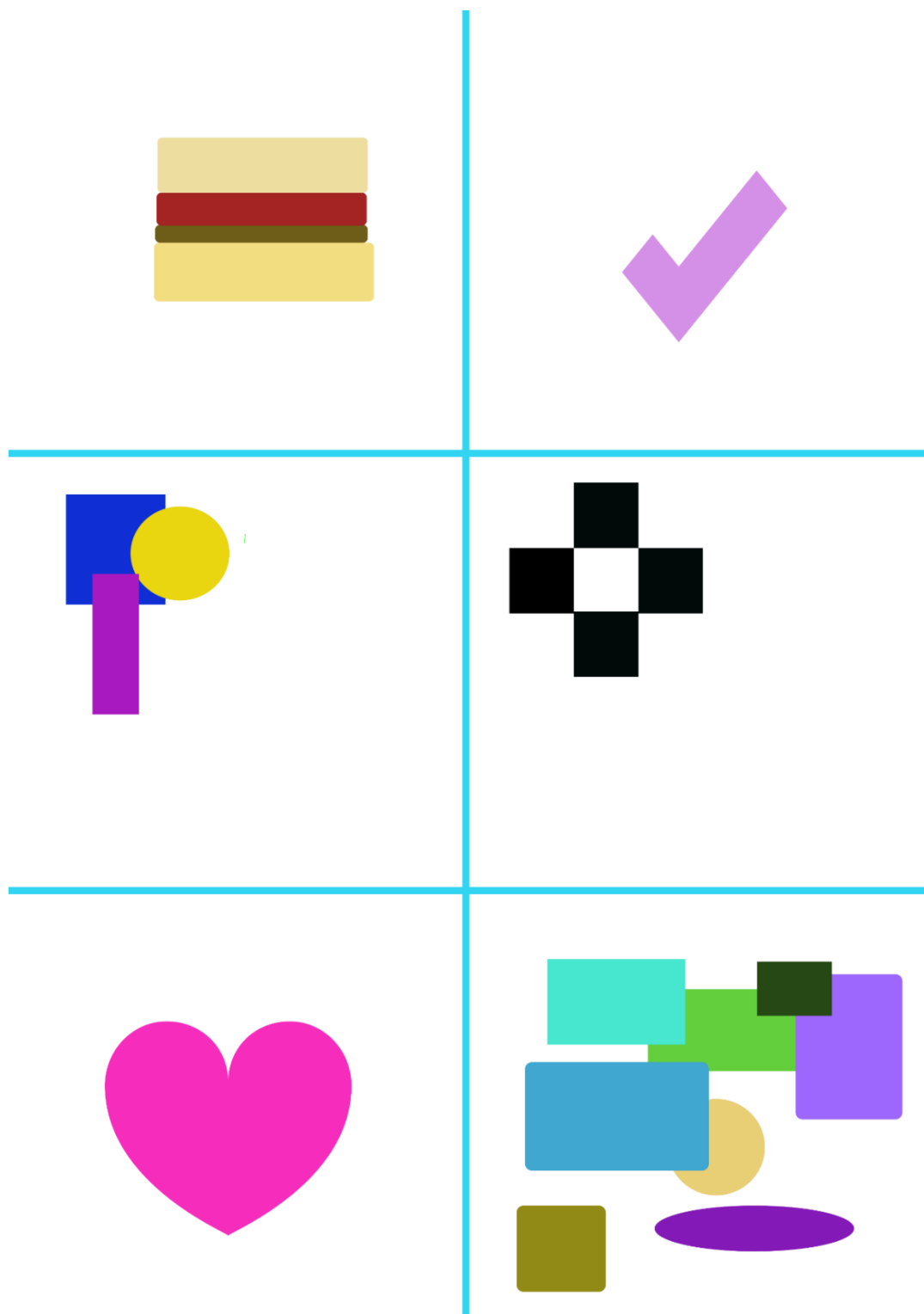


FIGURA 7: EJEMPLOS DE DIBUJOS SENCILLOS CON USO DE UNA SOLA HERRAMIENTA

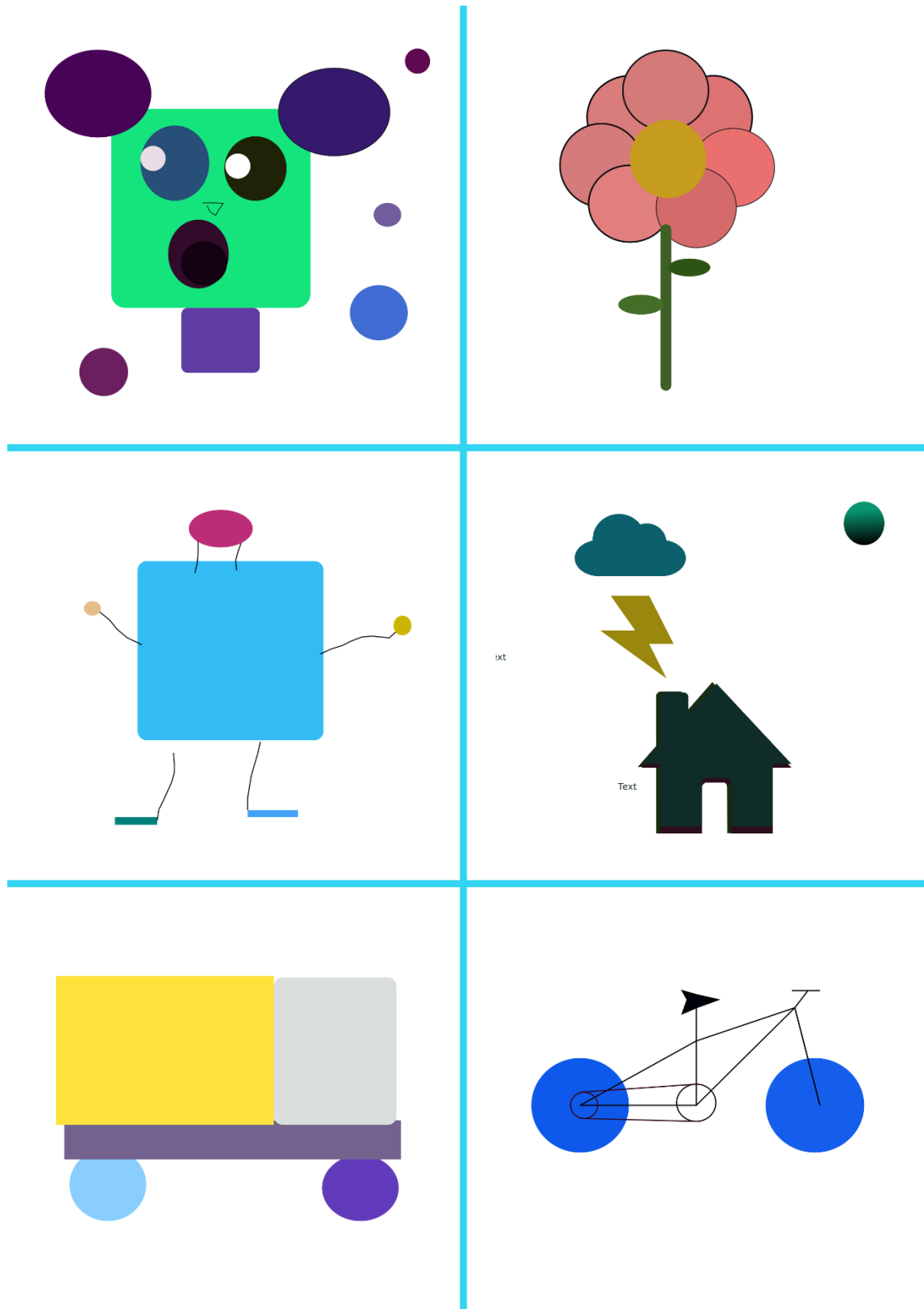


FIGURA 8: EJEMPLOS DE DIBUJOS COMPLEJOS CON USO DE MÁS DE UNA HERRAMIENTA

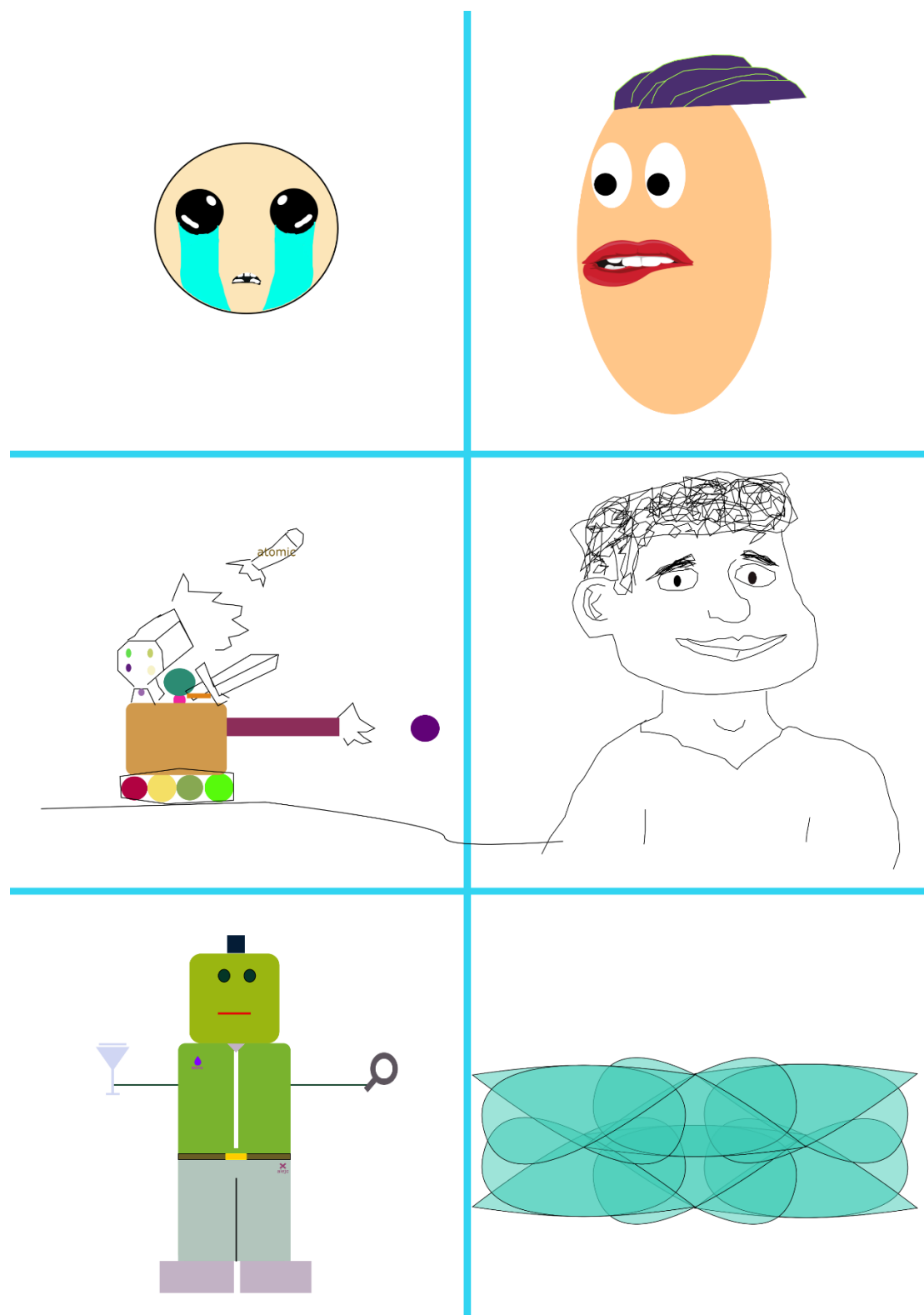


FIGURA 9: EJEMPLOS DE DIBUJOS COMPLEJOS CON USO DE VARIAS HERRAMIENTAS Y CONSIGUIENDO EFECTO Y COMPOSICIÓN

Obsérvese que a partir de un error de programación en la encuesta que hacía de obligada respuesta todas las preguntas menos una de ellas (“vectorial”) hay una heterogeneidad en los valores de las repuestas de las diferentes preguntas, que no revierte consecuencia alguna en el análisis estadístico.

También hace falta matizar el significado de los valores caracterizados como “respuesta traviesa” que responden a una lectura de los datos hecha siguiendo a Robinson-Cimpian et al (2014) sobre las respuestas a las encuestas entre adolescentes que nos parece relevante al caracterizar muy certeramente ciertas actitudes y comportamientos típicos de esta edad y que pueden introducir ruido en los datos de no tenerse en cuenta.

Para introducir un elemento de control sobre la calidad de los materiales aportados y el propio proceso de la recogida de datos se elaboró una encuesta que se facilitó a los docentes. En esta encuesta (Anexo 2: formulario de la encuesta de satisfacción) se recogió información sobre la percepción de los participantes acerca de la calidad de los materiales, la temporalización y la pertinencia de estos.

### 3.1.5 Análisis de datos

Como mecanismo de control de calidad técnica, de adecuación y de la correcta temporalización de los materiales aportados se obtuvieron respuestas de los docentes participantes mediante una encuesta (Anexo 2: formulario de la encuesta de satisfacción). Los datos recogidos a través de este medio indican que la calidad técnica y la adecuación de los materiales eran altas. Los datos en los que nos hemos centrado para validar nuestras hipótesis mediante el análisis estadístico de los mismos son los que se obtuvieron a través de la encuesta final (Anexo 1: formulario de la encuesta final), que aparecen en el apartado de resultados en forma de tabla (ver Tabla 2)

La hipótesis que queremos poner a prueba desde el diseño inicial de este experimento es que aquellos estudiantes que han seguido las actividades propuestas a través de los videos y de los ejercicios llevados a cabo en clase deben haber mejorado sus habilidades de geometría y dibujo

digital, y serán por lo tanto capaces de responder correctamente a los requerimientos de la encuesta con mejores resultados que aquellos estudiantes que no hayan participado. Recordemos que la herramienta online que se utiliza en la encuesta final no es la que se ha utilizado para la instrucción, y por lo tanto no estamos midiendo el uso de la herramienta en sí (Inkscape), sino los conceptos de geometría digital adquiridos y la alfabetización digital que permite a los alumnos transferir las destrezas y conceptos de edición de gráficos vectoriales en un medio nuevo, el editor online Vectr. Dado el diseño experimental, comparamos estos resultados con los del grupo de control, que ha seguido el currículo como su profesor haya elegido adaptarlo. No se trata por tanto de presentar las herramientas de instrucción concretas, en este caso Inkscape y *screencasting*, como artífices únicos de la mejora en el aprendizaje, sino de constatar su posible uso y sus beneficios.

En cuanto a la alfabetización digital hemos utilizado la definición de Gilster (1997) "*digital literacy is about mastering ideas, not keystrokes*" ("La alfabetización digital es dominar las ideas, no las teclas" Traducción de la autora) y el trabajo de relación de la taxonomía de Bloom con las tareas digitales que expone Genevieve Marie Johnson (Johnson, 2008) para diseñar tareas en las que los alumnos mostraban no tanto los gestos y teclas aprendidos sino los conceptos y la capacidad de encontrar fuentes con criterios de conocimiento adquiridos durante la práctica de las actividades propuestas.

Para evaluar dicha hipótesis, hemos separado a los estudiantes en grupos dependiendo de la implicación en la variable "Participación". Las variables que manejamos implican por su naturaleza que no serán de distribución normal, por lo que se elige utilizar el test no paramétrico Kruskal-Wallis o test H, para encontrar si existen diferencias entre los valores de las medianas de las muestras en los cuatro grupos, tomando como valor de la significatividad  $p < 0.05$ . En los casos en los que se encuentran diferencias significativas se llevaron a cabo comparaciones post-hoc para determinar qué grupos fueron diferentes en comparaciones por pares debidamente ajustadas para comparaciones múltiples y un nivel de significación en  $P < 0.05$ . La descripción de estos test estadísticos utilizados se puede encontrar en "*Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd ed.)" (Toothaker, Siegel y Castellan, 1989). El análisis estadístico de los

datos se llevó a cabo en el programa RStudio, versión 1.1.463 utilizando la librería pgirmess v1.6.9 para las comparaciones post-hoc.

### 3.1.6 Resultados

En la Tabla 2 se resumen los resultados de las cinco variables evaluadas: Instalación, Software libre, Vectorial, Videotutorial y Dibujo.

TABLA 2: DATOS DE LA ENCUESTA FINAL EN LINEA

		Participación				Total
		1	2	3	4	
Valor						
Instalación	0	48	3	29	59	139
	1	20	12	20	56	108
Software libre	0	43	8	22	45	118
	1	14	2	15	33	64
	2	11	5	12	37	65
Vectorial	1	43	7	21	33	104
	2	4	1	5	13	23
	3	21	7	23	69	120
Tutorial	0	4	0	2	4	10
	1	11	1	1	2	15
	2	5	0	5	6	16
	3	10	0	9	37	56
	4	38	14	32	66	150
Dibujo	0	11	1	2	3	17
	1	4	1	3	0	8
	2	7	2	9	11	29
	3	27	1	9	17	54
	4	18	10	23	72	123
	5	1	0	3	12	16
TOTAL (por grupo)		68	15	49	115	247

Número de respuestas por cada variable incluida en la encuesta. Cada línea se corresponde con el valor específico de la variable indicado en la primera columna. De la segunda a la quinta columna se muestran el número de respuestas agrupadas según el valor aportado en la variable “Participación”. La columna final recapitula la suma total de respuestas para cada variable en todos los grupos de participación. La fila final muestra la suma total de repuestas por grupo.

A continuación se presentan las Figura 10, Figura 11, Figura 12, Figura 13, y Figura 14 con los valores y barras de error estándar de cada grupo. Se muestra el valor p del test Kruskal-Wallis en cada variable. Cuando se encuentran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), se realizan comparaciones post hoc entre grupos corregidas para comparaciones múltiples. La significación de estas diferencias se muestra mediante visualización compacta por letras: diferencias entre grupos que comparten la misma letra no son significativas.



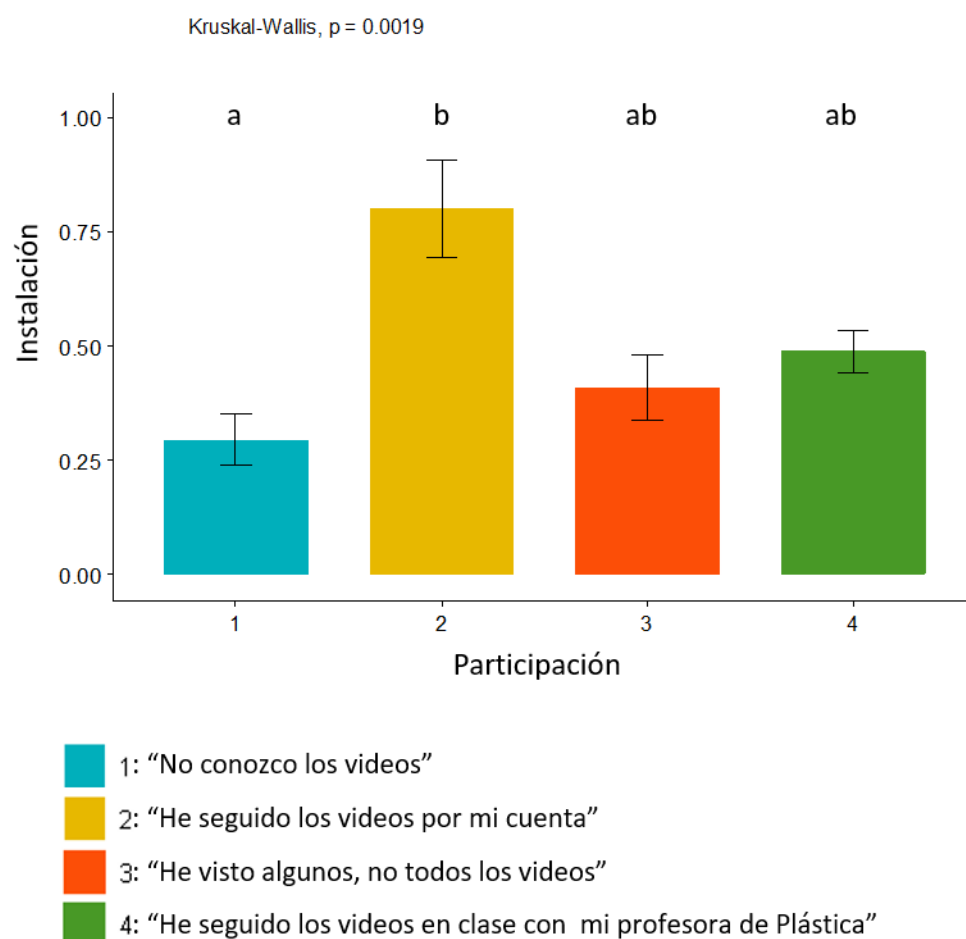


FIGURA 10 INSTALACIÓN Y PARTICIPACIÓN

En la figura se aprecia en qué medida los alumnos que vieron los videos por su cuenta (grupo 2) cuentan con el programa instalado en sus ordenadores, con un valor de instalación superior comparado al de resto de grupos, una diferencia significativa con el grupo de control (grupo 1).

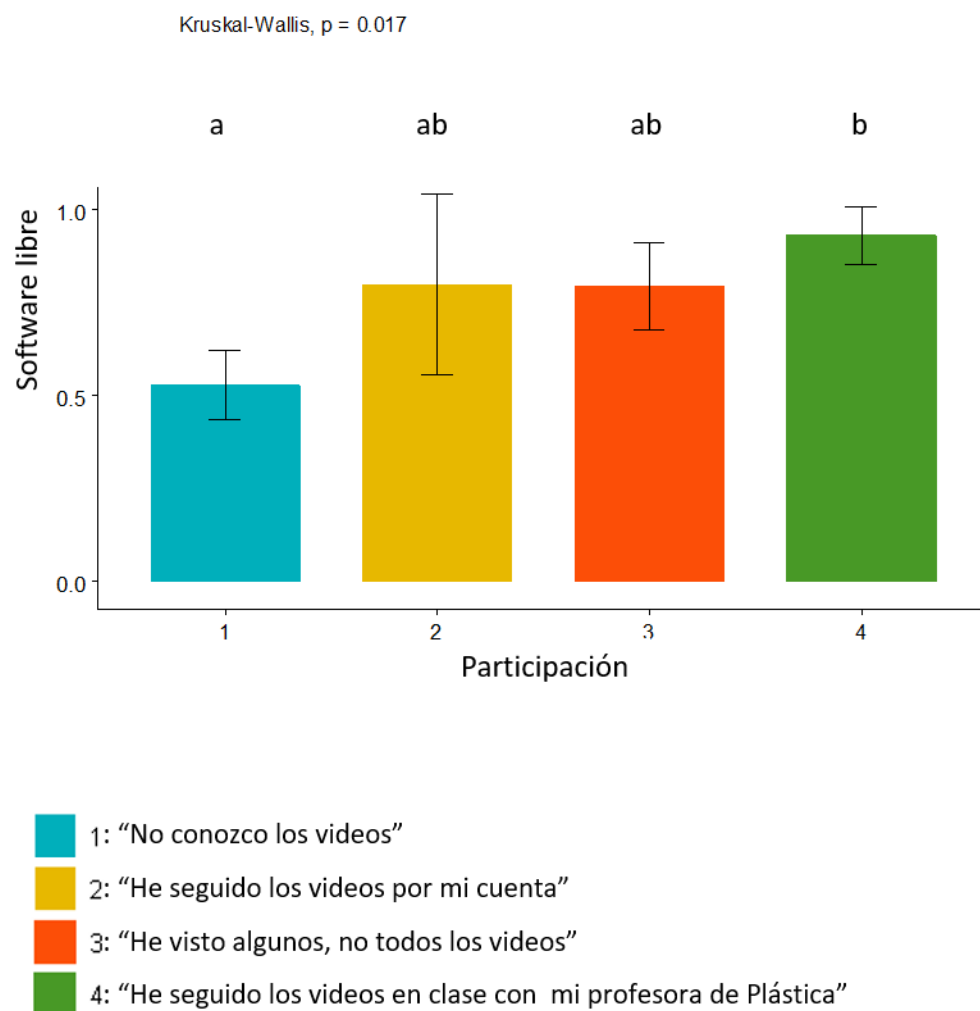


FIGURA 11: SOFTWARE LIBRE Y PARTICIPACIÓN

La pregunta sobre software libre obtuvo una respuesta incorrecta por la mayoría de los estudiantes en el Grupo 1, mientras que en los demás grupos de estudiantes hubo más respuestas correctas. La diferencia entre los grupos 1 y el 4 es estadísticamente significativa.

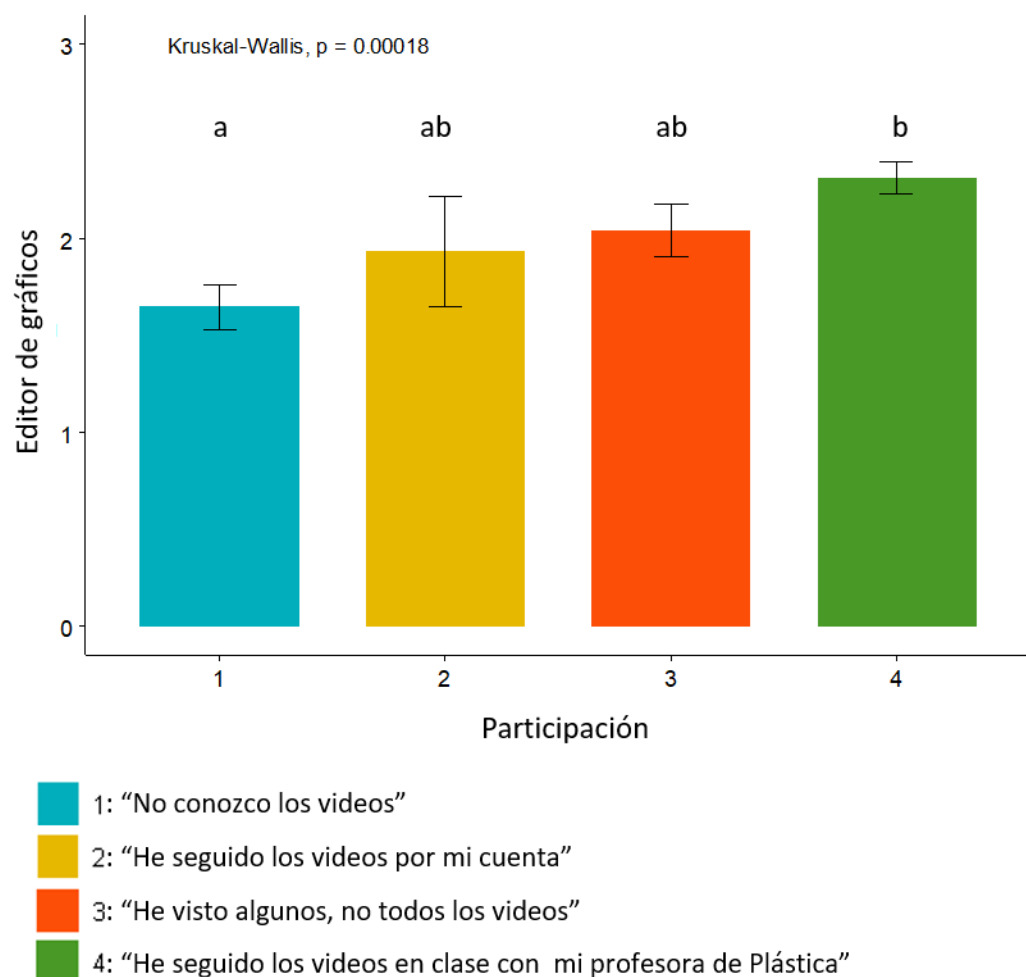


FIGURA 12: EDITOR DE GRÁFICOS VECTORIALES Y PARTICIPACIÓN

Al ser Preguntados por el significado de "Editor de gráficos", la mayoría de los estudiantes del Grupo 1 contestaron de manera incorrecta (valores 0, 1 y 2), mientras que la proporción de respuestas incorrectas es menor en el resto de los grupos, y el grupo 4 obtiene la mayor proporción de respuestas correctas. La diferencia entre los Grupos 1 y 4 es estadísticamente significativa.

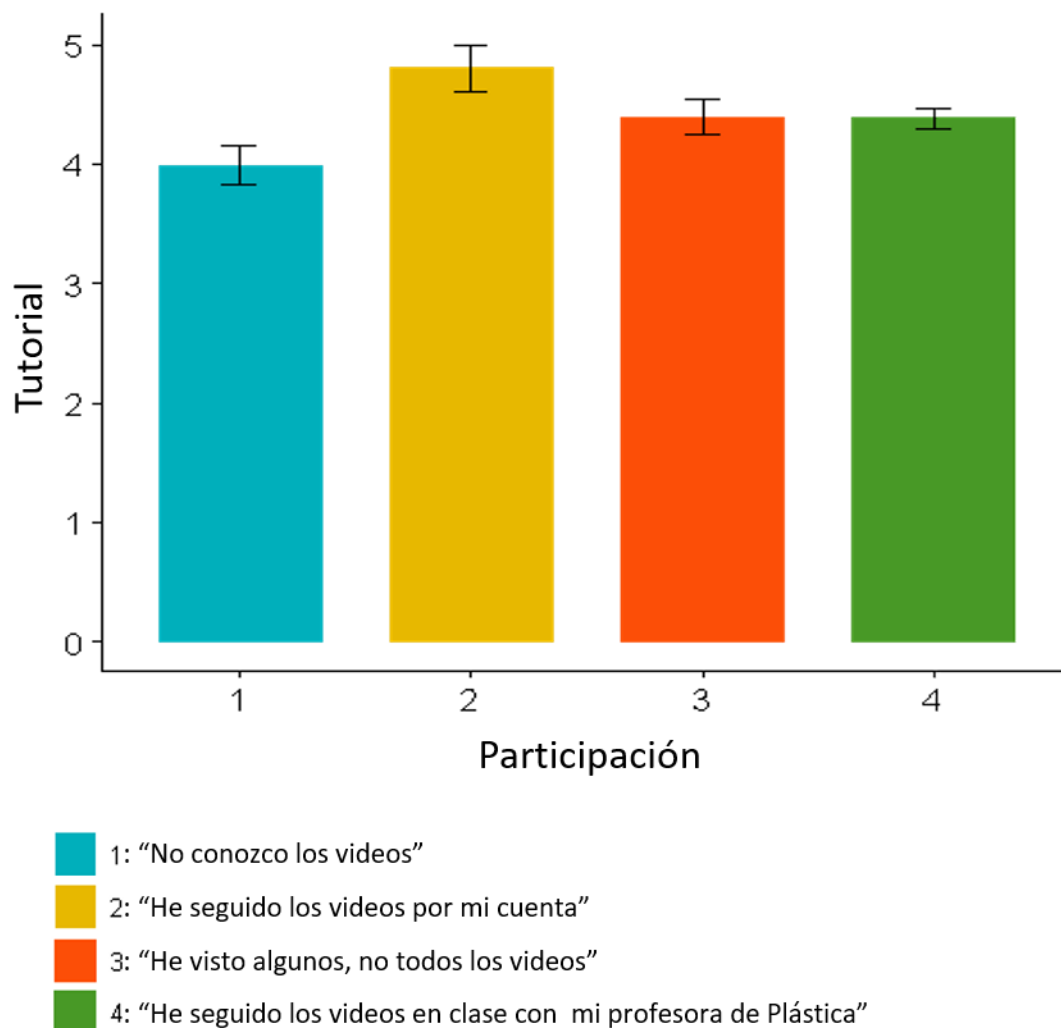


FIGURA 13: VIDEOTUTORIAL Y PARTICIPACIÓN

Ante el requerimiento de encontrar un videotutorial en español sobre Inkscape en línea que considerasen interesante la mayoría de los estudiantes, incluso entre los del grupo de control (Grupo 1), fueron capaces de suministrar un hipervínculo correcto. No hubo diferencias significativas entre grupos al aplicar el test Kruskal-Wallis.

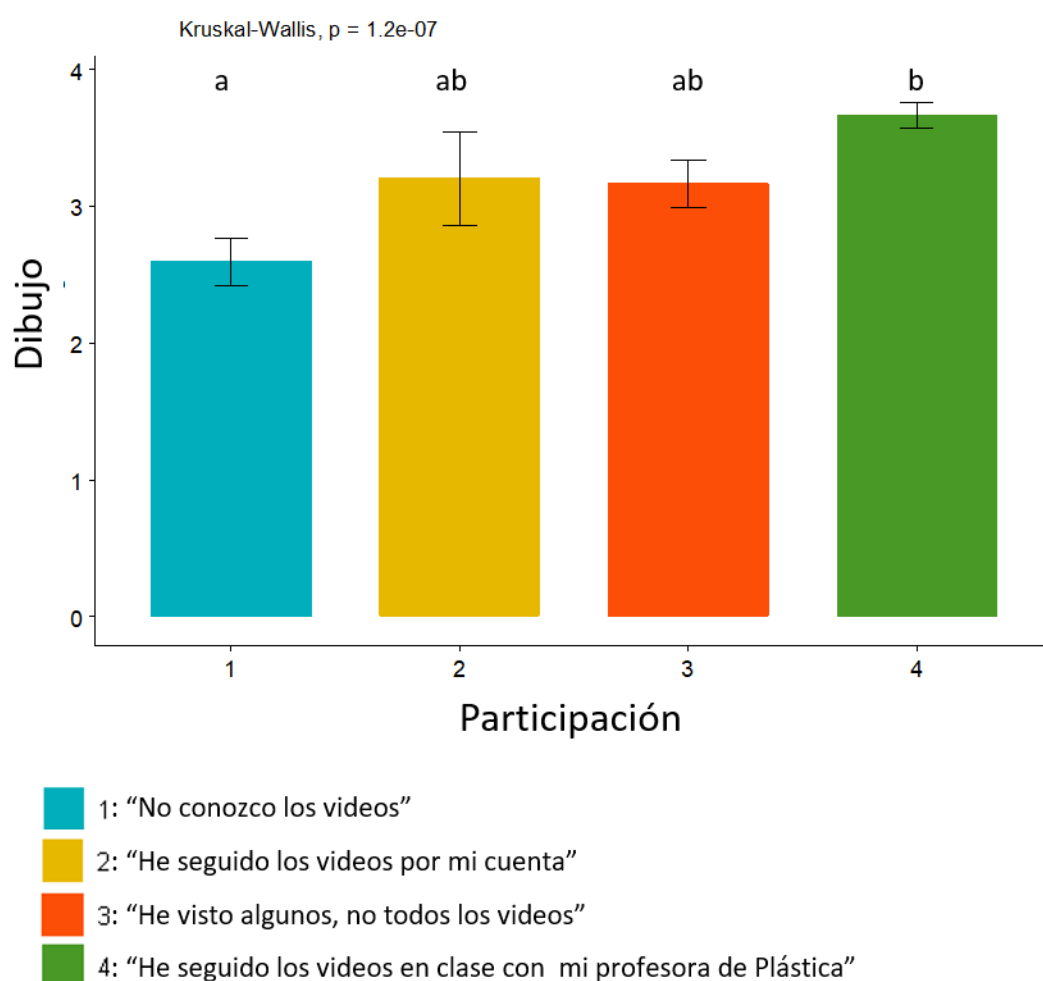


FIGURA 14: DIBUJO Y PARTICIPACIÓN

La respuesta al requerimiento de entrar en un editor de gráficos vectoriales en línea y llevar a cabo un dibujo que aportar mediante un hipervínculo dio resultados aislados en todos los grupos de alto nivel (Valores 4 y 5), en la comparación general se mantiene una diferencia significativa entre los Grupos 1 y 4, con valor medio creciente del 1 al 4.

### 3.1.7 Análisis y Discusión

Antes de abordar las conclusiones que podemos extraer de manera directa de los datos recogidos y su contextualización nos parece interesante hacer un ejercicio de conocimiento situado en una perspectiva temporal. Para ello proponemos una comparación con iniciativas semejantes a esta que vienen teniendo lugar desde que las tecnologías llegaron a las escuelas. Resulta interesante comprobar cómo las expectativas y reflexiones sobre los cambios en las adaptaciones tecnológicas de la escuela, específicamente en la enseñanza de la geometría, se ven contestadas por los devenires del tiempo pasadas un par de décadas. Tomando como punto de referencia en el pasado el estudio *“Development and classroom experimentation of interactive geometry exercises”* (“Desarrollo y experimentación en el aula con ejercicios de geometría interactiva”) publicado hace casi 30 años (Floris y Bevacqua, 1989) en el que gran parte de las conclusiones se refieren al potencial de las tecnologías tan solo limitado por las carestías materiales. Los autores parecen creer que dadas las condiciones materiales adecuadas las bondades de las tecnologías son tales que nada impediría su uso extensivo. Y sin embargo a día de hoy podemos comprobar que a pesar de que la mayoría de las carencias materiales y culturales que se aducen en el artículo han sido superadas y no son parte del panorama actual encontrado en nuestro estudio, seguimos sin poder constatar un cambio generalizado en la enseñanza de la geometría en las escuelas, el estándar sigue siendo la geometría de lápiz y papel. Otras razones y fuerzas están en juego inhibiendo estos desarrollos y la perspectiva histórica puede ser una ayuda para que lo comprendamos.

De nuestras hipótesis de partida al diseñar esta fase experimental de la investigación, la aseveración de que la metodología en línea promueve la autonomía de los estudiantes ha sido constatada por los datos de manera positiva. Los estudiantes que definían su participación como “por su cuenta” conseguían efectivamente instalar el software en sus ordenadores en mayor medida. Podemos concluir que para los participantes intrínsecamente motivados la accesibilidad en línea de los recursos supone mayor autonomía. Este valor tan claramente marcado puede indicar también a los estudiantes que por su entorno familiar o por conocimientos previos tienen experiencia anterior con la tecnología presentada, lo que en los entornos tecnológicos se da en

llamar *early adopters*, aquellos que son pioneros en asumir e incorporar los cambios tecnológicos.

En relación con la preparación digital para entender y utilizar metodologías online en esta muestra de alumnos españoles los resultados son también muy claros: los recursos necesarios, tanto humanos como técnicos, están disponibles y posibilitan el uso de internet como un producto básico. De los resultados de la pregunta “Videotutorial” (véase Tabla 2 y Figura 13) podemos concluir que las habilidades de hacer búsquedas generales en internet y la navegación en general están adquiridas de manera general y previa por los alumnos.

Por otra parte tomando en cuenta los resultados de las preguntas sobre Software libre (Figura 11) y Editores vectoriales (Figura 12) podemos confirmar que tanto las definiciones de conceptos abstractos como las habilidades de uso de las herramientas se transmitieron con éxito usando la técnica del *screencasting*. No se ha observado barrera tecnológica alguna en el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que podemos tomar como señal clara de que tanto la geometría digital como las técnicas de *screencasting* son prácticas culturales asimiladas y totalmente normales para los estudiantes.

De los resultados de la categoría “Dibujo” lo más resaltable es sin duda la constatación de que no existe barrera tecnológica respecto de los gráficos vectoriales como médium, ya que podemos decir que casi todos consiguen dibujar, y aquellos que no consiguen entregar el link es debido a problemas de navegación (Tabla 2 y Figura 14).

## 3.2 RESUMEN DEL CAPÍTULO

En este capítulo describimos la fase experimental del presente estudio en el que se llevó a cabo, con colaboración de profesoras de secundaria en activo, una propuesta didáctica en torno al uso de gráficos vectoriales con el *screencasting* como medio de instrucción.

Se presentan los materiales didácticos utilizados y se describe el experimento realizado siguiendo el formato de comunicación científica. El contenido de este capítulo ha sido aceptado para su publicación en la revista especializada *Research of Learning Technologies*.

El experimento se llevó a cabo en el curso escolar 2017/18, con una muestra de 247 alumnos de los dos cursos iniciales de la ESO. Los datos utilizados se recogieron mediante una encuesta virtual en sesiones tutorizadas en horario escolar. Para el análisis estadístico se ha utilizado el test de Kruskal-Wallis, que permite comparaciones no paramétricas adecuadas para los estudios de ciencias sociales en las que la causalidad no es directa. Entre las principales conclusiones podemos destacar que no se detectan barreras culturales o tecnológicas en el uso de los medios de instrucción elegidos, además de confirmarse los resultados ya asentados en la investigación especializada en cuanto al efecto de promoción de la autonomía que los medios en línea aportan a los estudiantes más intrínsecamente motivados.





## **CAPITULO 4      CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN**



## 4.1 CONCLUSIONES

Recuperamos en este punto nuestra hipótesis, el arranque de este estudio y los objetivos que nos marcamos, así como las herramientas cuantitativas y cualitativas que nos han permitido llegar a conclusiones. La hipótesis principal en la que sostenemos que la inclusión en el currículo de los softwares de edición de imagen vectorial como instrumentos esenciales para el estudio de las disciplinas plásticas y visuales repercute beneficiosamente en la calidad y pertinencia de estas materias y transversalmente en la adquisición de competencias digitales de los alumnos se ha visto apoyada por los datos recabados en los estudios históricos y contextuales así como en los datos recogidos en la fase experimental. La pertinencia de las destrezas digitales como parte del currículo artístico en la educación secundaria queda cimentada el extensivo uso profesional de las mismas en los sectores de producción de formas e imágenes, en la desaparición del papel como medio en las profesiones centradas en los saberes geométricos como la ingeniería y la arquitectura, y en la creciente relevancia de la imagen y la geometría digital como médium artístico actual. En cuanto a las competencias digitales de los alumnos y su relación con los gráficos vectoriales, hemos llevado a cabo un diseño experimental basado en la instrucción en línea, en la práctica del *screencasting* como metodología heredera de los métodos demostrativos propios de las enseñanzas artísticas, hemos utilizado un programa de edición de gráficos vectoriales abierto -Inkscape- , y hemos elaborado unidades didácticas que recogen objetivos, contenidos y competencias presentes en el actual currículo. Los resultados de la fase experimental nos permiten afirmar que los alumnos están preparados culturalmente para aprovechar estas tecnologías, tanto los medios de instrucción como las técnicas digitales, y que ambas contribuyen positivamente a su alfabetización digital. Concluimos, por lo tanto, que no hay barreras culturales o técnicas a la adopción de los gráficos vectoriales como materia de instrucción en las asignaturas artísticas en la educación secundaria en la Comunidad de Madrid.

Siguiendo pautas de comunicación de conclusiones como las que hemos encontrado en las publicaciones especializadas podemos sintetizar los resultados de este estudio en tres categorías:

### 4.1.1 Conocido previamente y reafirmado:

#### 4.1.1.1 La escuela se ve afectada por el cambio digital

A estas alturas la tecnología digital aplicada a la comunicación y las relaciones sociales, al trabajo en todos los sectores, al diseño, gestión, producción, distribución, financiación de proyectos, recursos materiales y humanos, al ocio, al conocimiento, y a cada aspecto de nuestras vidas resulta ineludible. La escuela participa de los cambios sociales a través de los proveedores de materiales didácticos, de las plantillas de docentes y administradores, de las familias y los alumnos, de los políticos y la actualidad. La literatura especializada durante las últimas décadas sobre la influencia de las tecnologías de información en la educación es extensa y señala claramente que lo digital no es “una herramienta más” y que los tiempos que vivimos requieren una atenta y crítica mirada.

#### 4.1.1.2 La geometría digital es un estándar en las profesiones artísticas

La realidad de la práctica profesional en los campos de aplicación del dibujo y de la geometría nos traslada un uso generalizado y omnipresente de los gráficos vectoriales, y no como tendencia pasajera o como fase tecnológica intermedia, sino como el asentamiento de las bases del dibujo y la geometría digital. Estas bases son los conocimientos elementales que la disciplina debe transmitir desde sus comienzos como parte de los esfuerzos por conseguir esa alfabetización digital temprana. En conclusión, el dibujo y muy especialmente la geometría, tienen como resultado de su evolución en el campo digital un conjunto de conocimientos y habilidades básicas radicalmente diferentes de las tradicionales. Sostenemos que las artes son disciplinas instrumentales en la época digital y que no podemos seguir posponiendo la necesaria instrucción de nuestros alumnos.

#### 4.1.1.3 Los sistemas educativos se resisten a los cambios

Las enseñanzas artísticas no son las más dinámicas socialmente de las especialidades docentes, algunos factores históricos sobre su inclusión en el sistema educativo pueden explicar este rasgo. El modelo académico de transmisión de conocimientos desarrollado en torno a la lecto-escritura tiene fuertes inercias institucionales, asignaturas de métodos menos explícitos que tradicionalmente se desarrollaban en otras instituciones se resienten de la asimilación normativa

en el modelo académico. Factores sociales como una estructura de pirámide poblacional invertida nunca vista y la asignación a las disciplinas de valores de estatus social heredados de momentos históricos caducos acentúan la actual esclerotización de las instituciones educativas.

#### 4.1.1.4 Los ordenadores median el conocimiento

En la naturaleza de lo que somos como personas, aún por descifrar de forma completa y clara, está nuestro carácter de conocedores del mundo. Las tecnologías que producimos y nos acompañan como nuestro rasgo cultural más definido, junto con el lenguaje, son mediadoras de este conocimiento del mundo. Los ordenadores (el software), como antes el papel, o la domesticación de plantas y animales, o el dinero, son tecnologías que median nuestro conocimiento del mundo de manera profunda e irreversible.

### 4.1.2 Hallazgos

#### 4.1.2.1 No hay barreras al uso de gráficos vectoriales

Tanto la tecnología necesaria como los conocimientos y ejemplos de uso de producción contemporánea de gráficos vectoriales son ubicuos y accesibles para alumnos y profesores en la Comunidad de Madrid a día de hoy. El uso en clase de arte de estas técnicas no supone problemas normativos, técnicos, sociales, pedagógicos o de ningún otro tipo. Todos los alumnos participantes en la fase experimental dibujaron en el espacio de dibujo vectorial web propuesto sin encontrar barreras infranqueables.

#### 4.1.2.2 No hay riesgo de obsolescencia de los gráficos vectoriales

A partir de herramientas de predicción de la obsolescencia tecnológica como la que propone Steven R. Walk y del estudio documentado del uso profesional y científico de las tecnologías de imagen y geometría digital podemos concluir que como unidad básica de la disciplina geométrica en su adaptación a la tecnología digital se encuentran los gráficos vectoriales tal y como se definen a partir de las ecuaciones de Bezièr y Casteljau y el desarrollo de las superficies NURBS.

#### 4.1.2.3 Mayor autonomía del alumnado con métodos en línea

Los alumnos que tienen motivaciones intrínsecas y madurez suficiente aprovechan los medios en línea para avanzar a su propio ritmo y ampliar los contenidos comunes aportados por la escuela. Este escape positivo a las limitaciones de la manipulación que la institución ejerce puede verse acotado en breve si los panoramas de “educación de precisión”, que plantean que sea la institución por medio de medidas biométricas, test de personalidad y otros datos del alumno, las que lleven a cabo una personalización para cada alumno, reemplazan esta autonomía que describe la literatura especializada como beneficio constante y principal de la actual instrucción en línea.

#### 4.1.2.4 La educación usa ya internet como recurso básico

Quizá el más llamativo de los datos obtenidos en la fase experimental es uno que puede pasar desapercibido, y que no se acaba de comprender hasta que se compara con datos de hace tan solo una década. Todos los alumnos, los pertenecientes al grupo de control y los que habían recibido instrucción, todos los alumnos participantes fueron capaces de manejar un programa en línea de dibujo vectorial que no conocían. Asumimos como normal esta facilidad con la que los medios técnicos propuestos están asimilados, igual que nos cuesta entender por qué se hizo necesario en un primer momento la figura del ascensorista ahora que todos usamos estas máquinas con naturalidad. Este comportamiento define la tecnología en uso como un bien básico, como pueden ser la red eléctrica o el agua corriente, que no debe ser postergada a formación en niveles avanzados por ser de uso común y básico.

### 4.1.3 Usos

#### 4.1.3.1 Mejor definición de alfabetización digital

Debemos evitar contraponer Arte y Tecnología como opuestos en un arco de racionalidad-irracionalidad. Entre los ideales comunes en la elaboración de currículos encontramos la integración de las asignaturas y de los conocimientos en modelos holísticos de comprensión del mundo, que sin embargo no se ha podido documentar en casos suficientes que nos ayuden a corroborar o descartar estas hipótesis. La separación de las disciplinas en la academia y las

estructuras jerárquicas creadas durante siglos en torno a ellas se enfrentan a nuevos retos ante los cambios que medios de masas y medios digitales implican en las sociedades de los siglos XX y XXI. Crear nuevas disciplinas e instituciones para las novedades tecnológicas separa artificialmente las técnicas de los procesos cognitivos y del uso de la imaginación, aislando aún más los saberes entre sí. Comprender las tecnologías digitales como médium artístico es un paso hacia una mejor definición de la alfabetización digital.

#### 4.1.3.2 Uso de la tecnología para mejorar y aumentar las posibilidades de las disciplinas

Lejos de proponer un enfoque de la disciplina dirigido exclusivamente hacia la empleabilidad, como es habitual en los discursos de bancos y organizaciones económicas internacionales sobre reforma educativa, desde el conocimiento de la evolución que la geometría como disciplina vive en la actualidad, proponemos adecuar los contenidos en los niveles educativos con criterio de incrementalidad y manteniendo la pertinencia social como guía rectora.

La aportación de vías de instrucción contemporáneas, que pongan de realce la relevancia de las asignaturas artísticas en la educación secundaria como partícipes de la alfabetización digital, es un reto que con ejemplos como el que presentamos puede abordarse sin requerir costosas reformas.

Las nuevas aproximaciones a la disciplina remarcan el papel de la creatividad y el pensamiento espacial y visual, con herramientas de inteligencia artificial e interfaces gráficos que cada vez en mayor medida minimizan las exigencias de programación y de explicitación matemática y permiten aplicar conceptos de manera general e inmediata.

#### 4.1.3.3 La escuela asume y disrupta a la tecnología (y no al revés)

Desde el estudio de lo ocurrido en las últimas décadas en la relación escuela-tecnología y a pesar de todo lo que se oye en sentido contrario en el mercadeo de los vendedores de cacharros, las inercias culturales de la escuela arrastran valores de fuerte arraigo, con una fortaleza y riqueza que en muchos sentidos la protege de los cambios precipitados. Queda por ver si el futuro de esta relación tormentosa derivará en la utopía halocrática o en la distopía tecnoautoritaria, o si la escuela resistirá en sus valores y tradiciones como transmisor de saberes intergeneracional



más allá de los cambios políticos y económicos. Mantener en mente la compleja interrelación de actores involucrados en la escuela tal y como la vivimos a comienzos del siglo XXI es necesario para comprender y aportar a la conversación pedagógica.

#### 4.1.3.4 Mejor adaptación del currículo a la realidad social.

En nuestro currículo actual hasta un tercio de la materia del departamento que seguimos llamando “Dibujo”, a pesar de las sucesivas variaciones de nomenclatura que las leyes nos han dado, sigue centrado en la enseñanza de Geometría Descriptiva. La razón - quizá olvidada - para que así fuese, estaba en la conexión con las disciplinas superiores que profundizaban en esta materia y que requieren que los alumnos hayan adquirido de manera temprana ciertas habilidades y exposición que les permita tanto reconocer sus inclinaciones y talentos como adquirir una familiaridad con la materia llegado el momento de la elección vocacional y la especialización. Esta conexión con la educación superior desaparece cuando asistimos a la adopción generalizada de programas CAD en los estudios de ingeniería y arquitectura, y nos obliga a replantear los contenidos del currículo de Secundaria en concordancia.

## 4.2 RECOMENDACIONES

### 4.2.1 A los legisladores

Nuestra principal recomendación es la adopción sin dilaciones de los softwares de edición de gráficos como herramientas centrales de instrucción en las asignaturas de artes visuales de la educación básica. A tal efecto y tal y como concluyen tanto desde la OCDE en reiterados informes como desde la investigación académica especializada en varios estudios, la formación de los docentes es fundamental. Los cambios en el currículo que aquí proponemos son meras medidas de “arriba a abajo” que no alcanzarán sus mejores resultados sin un apoyo en los docentes como agentes del cambio.

Sería deseable reescribir el currículo de la asignatura de Educación Plástica y Visual de Educación Secundaria para sustituir el tercio dedicado a adquirir destrezas de dibujo técnico y geometría descriptiva. A pesar de que esta medida aparece como la más racional desde los planteamientos expresados en este estudio, dada la actual situación de reemplazo de la plantilla docente cabe matizar las maneras más adecuadas de llevar a cabo esta necesaria transformación. Graduar en el tiempo varias medidas que faciliten la transición puede ser una estrategia adecuada si se valoran los intereses de los alumnos a la par que los de los docentes.

Afectando al currículo de manera implícita y sin hacer cambios sustanciales en éste, puede actuarse con gran efecto si se decide cambiar la prueba externa de acreditación obligatoria a nivel nacional que es de facto el regulador insoslayable que ordena los contenidos necesarios para aquellos que desean continuar su formación académica en la Universidad. Los contenidos universitarios que exigen esta prueba de nivel han cambiado y la conexión ha quedado quebrada entre los niveles educativos. La complejidad que esta propuesta implica en su puesta en marcha a nivel nacional no nos resulta ajena, ya que los medios tecnológicos que ahora existen (papel, compás y reglas) son de uso común y aportados por los alumnos, mientras que una prueba digital requeriría infraestructura de la que actualmente no disponemos. Existen cada vez más soluciones plausibles para llevar a cabo pruebas de capacitación y acreditación en disciplinas digitales con las que sustituir las actuales en papel.

En estrecha relación con lo anterior se encuentra el temario que los docentes deben conocer para acceder a los puestos de la especialidad de Dibujo a través del concurso oposición al Cuerpo de Profesores de Secundaria.

Estos tres lugares de actuación interrelacionados que conforman la actual situación de la asignatura deben ser abordados de manera coordinada para conseguir introducir en las enseñanzas artísticas de nivel medio conocimientos y técnicas relevantes y pertinentes que introduzcan a los alumnos en el uso de las tecnologías digitales como médium artístico.

Introducir nuevas asignaturas junto a las ya existentes, añadidas capas de nuevos contenidos, no consigue sino sobrecargar y hundir a las escuelas en la irrelevancia de una montaña de saberes inconexos. El actual currículo de Educación Plástica y Visual es ya usado por la mayoría de los docentes como un bufete libre sobre dimensionado imposible de abarcar, en el que cada curso se eligen unos temas u otros dependiendo de las circunstancias.

### 4.2.2A las administraciones educativas

Un acuerdo general que se desprende del campo actual del conocimiento sobre educación es la falta de transmisión de los logros de la investigación a la práctica en las aulas. La universidad y las administraciones educativas regionales están desconectadas, no hay convenios de investigación coordinados ni participación en las políticas en forma de consultoría técnica. Nuestra recomendación es explorar esta relación y sus posibilidades, para que la transmisión de conocimientos y el servicio público que las instituciones deben ofrecer sea el mejor posible.

### 4.2.3A los docentes

Como recomendación de buena práctica para los docentes queremos llamar la atención sobre la tendencia a separar los lenguajes formales de los medios y técnicas de expresión, cuando en muchos casos la relación entre ambos es profunda e inseparable. Mantener la tecnología en el extremo de la racionalidad como opuesto a la creatividad en el extremo de la irracionalidad es

una caricatura de la cultura y la mente humana que no se corresponde con una realidad mucho más rica y compleja.

Las tradiciones pedagógicas de las enseñanzas artísticas basadas en los métodos demostrativos, las relaciones de mentoría y las experiencias y procesos como fin en sí mismos aportan sabiduría ancestral sobre la promoción de la creatividad.

### 4.3 FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Muchas de los temas que hemos abordado de manera lateral o que hemos tan sólo bocetado para aportar contexto a nuestro tema de investigación central son posibles caminos a explorar para conseguir enfocar más claramente los pasos a seguir en el futuro. Hemos concluido que no hay barreras culturales a la adopción de los gráficos vectoriales como materia de instrucción en las asignaturas artísticas en la educación secundaria en la Comunidad de Madrid. Podemos ahora dirigir la reflexión a entender por qué estas tecnologías culturalmente aceptadas y de uso normalizado no están siendo adoptadas de manera masiva por las escuelas aun cuando son instrumentales para las materias que se imparten, como es el caso del dibujo y, muy especialmente, de la geometría. Analizar cómo y por qué ocurren los procesos de cambio en las instituciones educativas y qué factores tienen realmente peso como desencadenantes son parte de las siguientes investigaciones a llevar a cabo si queremos comprender mejor cómo implementar cambios significativos y eficaces. Completar el presente estudio con métodos cualitativos que exploren la cultura, expectativas y sistemas de creencias de los docentes en lo que atañe a la relación de arte y tecnología podría aportar un más completo panorama de la situación. Por ejemplo, estudiar la observación de que, en general, en el campo de las artes el cambio tecnológico digital se conceptualiza como un medio más, neutro en cuanto a los inmutables contenidos conceptuales de la expresión plástica como disciplina. Diseñar estudios mixtos, tanto cualitativos como cuantitativos, que ayuden a comprender la influencia de estas creencias en la implementación de cambios en las escuelas sería de gran ayuda.

La ausencia de las capacidades artísticas de las habilidades que se consideran al definir la alfabetización cultural (Bawden, 2008), incluso cuando no podemos por menos que reconocer la creciente importancia de las imágenes como vehículo de comunicación en la nueva sociedad de la información, es una clara señal de que la pervivencia de modelos y estándares obsoletos no pueden usarse para medir con éxito las nuevas adaptaciones. Nuevas definiciones de alfabetización digital que involucren a las materias artísticas son un campo abierto de investigación. Otra señal en ese sentido es, como hemos visto, la total ausencia de mediciones sobre las competencias artísticas en el enorme conjunto de datos que la OCDE genera, y el

discurso que contraponen tácitamente la tecnología al arte como disciplinas y que ahonda en modelos caducos. Es ésta una discusión de mayor calado que se beneficiaría enormemente de datos descriptivos que apoyen o refuten estos argumentos.

La brecha de género en la dualidad tecnología – artes, otro rasgo cultural ignorado en la manera en que se miden los datos educativos, sería una interesante aportación a la comprensión del problema.

La relación del modelo de autoridad de las escuelas y las sociedades con los resultados de las pruebas PISA tal y como las enfoca Zhao en *“What works may hurt: Side effects in education”* (Zhao, 2017) puede ser un punto de partida para la elaboración de estudios comparados que pongan en la educación artística el foco.

Una lectura de la situación concreta en España respecto de gobernanza y los efectos de PISA puede encontrarse en *“Do they matter in education politics? The influence of political parties and teacher unions on school governance reforms in Spain”* (Dobbins y Christ, 2019), en el que podemos encontrar un relato sobre la evolución de las políticas españolas respecto de la descentralización, de la autonomía de los centros y de los modelos de autonomía a través de la profesionalización o la jerarquización de los centros. Cabe preguntarse si un camino menos jerarquizado y más profesionalizador habría sido menos ignorante de las necesidades de las enseñanzas artísticas respecto de la tecnología digital, tema del presente estudio.

En el marco concreto de la práctica docente que actualmente llevo a cabo en la Escuela Superior de Diseño de Madrid cabe un desarrollo investigador de varias de las propuestas aquí presentadas, como la introducción en el currículo de la geometría digital en los estudios superiores de diseño, el estudio de la cultura y actitud de los docentes del campo artístico en relación a la tecnología o la profundización en la relación entre los métodos de instrucción propios de las artes y la promoción de la creatividad.

## 4.4 RESUMEN DEL CAPÍTULO

Se presentan en este capítulo las conclusiones, tanto atendiendo al formato de método científico en relación a las hipótesis, objetivos e instrumentos de la investigación como de manera más divulgativa expresadas como hallazgos, usos y recomendaciones.

Las preguntas iniciales sobre las causas de la lenta adopción de los gráficos vectoriales en la instrucción artística en el marco de la educación secundaria obligatoria que motivaron este trabajo encuentran respuesta en la descripción del contexto y los factores sociales y culturales explicativos, así como en la tarea de contrastación de hipótesis y actuación sobre el terreno que entraña la metodología experimental.

A falta de un desarrollo de la investigación en los aspectos que se han podido señalar influyentes, pero no se han atendido detalladamente en este estudio, como la actitud de los docentes o las inercias culturales de la investigación especializada, podemos señalar como síntesis de conclusiones que las materias de artes visuales en la etapa secundaria se enfrentan a un cambio profundo de medios y contenidos de la instrucción como consecuencia de la revolución digital.

# BIBLIOGRAFÍA

## CATALOGOS DE DOCUMENTACIÓN

CISNE, catálogo de la Universidad Complutense de Madrid.

<https://biblioteca.ucm.es/cisne>

REDINED, Red de base de datos de información educativa del INTEF

<http://redined.mecd.gob.es/xmlui/>

CNIE, Centro Nacional de Innovación e Investigación educativa.

<https://www.educacionyfp.gob.es/educacion/mc/cnie/inicio.html>

TESEO, Base de Datos de Tesis Doctorales, Ministerio de Educación y Ciencia.

<https://www.educacion.gob.es/teseo/irGestionarConsulta.do>

DIALNET, portal de difusión de la producción científica hispana de la Universidad de La Rioja.

<http://dialnet.unirioja.es/>

EURYDICE, red de conocimiento ligada al programa Erasmus+

[https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/index\\_en.php\\_en](https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/index_en.php_en)

HOLLIS, catálogo de las bibliotecas de la Universidad de Harvard.

<https://library.harvard.edu/services-tools/hollis>

Catálogo de las bibliotecas del MIT

<https://libraries.mit.edu/>

The Getty Research Institute.

<https://www.getty.edu/research/tools/>



Logo Foundation.

<https://el.media.mit.edu/logo-foundation/>

CumInCAD, catálogo de publicaciones de Diseño y Arquitectura asistidos por ordenador.

<http://papers.cumincad.org/>

ERIC, Education Resources Education Center, Institute of Education Sciences

<https://eric.ed.gov/?>

WORLDCAT, catálogo internacional de bibliotecas.

<https://www.worldcat.org/>

Google académico

<https://scholar.google.com/>

CumInCad, índice acumulativo de publicaciones de diseño arquitectónico asistido por ordenador

<http://papers.cumincad.org/>

## REFERENCIAS

Acaso, M. (2009). *La educación artística no son manualidades : nuevas prácticas en la enseñanza de las artes y la cultura visual*. Los Libros de la Catarata.

Alonso Pérez, P. J. (2016). *Tecnología digital aplicada a la didáctica de la imagen en las artes plásticas y el diseño*. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado a partir de <http://eprints.ucm.es/39003/1/T37726.pdf>

Amiri, F. (2011). Programming as Design: The Role of Programming in Interactive Media Curriculum in Art and Design. *International Journal of Art & Design Education*, 30(2), 200-210. <https://doi.org/10.1111/j.1476-8070.2011.01680.x>

Anderson, C. (2012). *Makers : the new industrial revolution*. Crow Business.

Andreessen, M. (2011). Why Software Is Eating the World. Recuperado 25 de junio de 2017, a partir de <https://www.wsj.com/articles/SB10001424053111903480904576512250915629460>

Archer, B., Baynes, K. y Roberts, P. (1992). *The nature of research into Design and Technology education*. Loughborough: Loughborough University. Recuperado a partir de <https://dspace.lboro.ac.uk/2134/1687>

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action : a social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Baracs, J. (2002). The teaching of spatial geometry: the 9 basic problems. En *CanadianMathematical Society*. Quebec.

Baracs, Janos. (2013). Spatial Perception and Creativity. En *Shaping Space* (pp. 109-123). New York, NY: Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-92714-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-0-387-92714-5_8)

Bartolomé, A., Castañeda, L. y Adell, J. (2018). Personalisation in educational technology: the absence of underlying pedagogies. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0095-0>

Battaglia, E. M., Mei, J. y Dumas, G. (2018). Systems of Global Governance in the Era of Human-Machine Convergence. Recuperado 4 de septiembre de 2018, a partir de <http://arxiv.org/abs/1802.04255>

Bawden, D. (2008). Origins and concepts of digital literacy. En C. Lankshear y M. Knobel (Eds.), *Digital literacies: Concepts, policies and practices* (pp. 17-32). New York, NY: Peter Lang Publishing Inc.

Beghetto, R. A. y Kaufman, J. C. (2017). *Nurturing Creativity in the Classroom*. (R. A. Beghetto y J. C. Kaufman, Eds.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316212899>

- Boaler, J., Dieckmann, J. A., Pérez-Núñez, G., Sun, K. L. y Williams, C. (2018). Changing Students Minds and Achievement in Mathematics: The Impact of a Free Online Student Course. *Frontiers in Education*, 3. <https://doi.org/10.3389/educ.2018.00026>
- BQ. (2015). Asignatura de Tecnología, Programación y Robótica | DIWO. Recuperado 4 de septiembre de 2019, a partir de <http://diwo.bq.com/cam15/>
- Bresler, L. (2007a). *International Handbook of Research in Arts Education*. (L. Bresler, Ed.), *Springer International Handbooks of Education*. [New York] SE - 2 v. (xxvi, xxv, 1627 p.) ; 25 cm.: Springer. Recuperado a partir de <https://ucm.on.worldcat.org/oclc/318290172>
- Bresler, L. (Ed.). (2007b). *International Handbook of Research in Arts Education*. *International Handbook of Research in Arts Education*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3052-9>
- Brown-Sica, M., Sobel, K. y Pan, D. (2009). Learning for All: Teaching Students, Faculty, and Staff with Screencasting. *Public Services Quarterly*, 5(2), 81-97. <https://doi.org/10.1080/15228950902805282>
- Bucci, F. y Mulazzani, M. (2000). *Luigi Moretti: opere e scritti*. Electa. Recuperado a partir de <https://iris.unife.it/handle/11392/533979>
- Buckingham, D. (2008). Defining Digital Literacy. What do Young People need to know about Digital Media? En Lankshear y Knobel (Eds.), *Digital literacies: Concepts, policies and practices* (pp. 73-90). Peter Lang Publishing Inc.
- Buckingham, D., Mcfarlane, A., Hallgarten, J., Ross, L. y Tambini, D. (1996). *A digitally driven curriculum?* Manchester University Press.
- Burry, J. y Burry, M. (2010). *The new mathematics of architecture*. Thames & Hudson.
- Burry, M. (Ed.). (2007). *Gaudí unseen: completing the Sagrada Família*. Jovis Verlag.
- Cabello Pardos, A. B. (2013). *La modelización de Van Hiele en el aprendizaje constructivo de la geometría en primero de la Educación Secundaria Obligatoria a partir de Cabri*. Universidad

de Salamanca. Recuperado a partir de <https://www.educacion.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1046019>

Campbell, C. (2006). Digital design pedagogy: Setting the foundation for digital design in the architecture curriculum. En *Synthetic Landscapes - ACADIA 2006 International Conference* (pp. 411-417). Recuperado a partir de [http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?acadia06\\_411](http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?acadia06_411)

Cantón Correa, F. J. (2019). *Socialización digital y creatividad audiovisual*. Universidad de Granada.

Carpó, M. (2011). *The alphabet and the algorithm*. MIT Press. Recuperado a partir de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9COoFrSB5H8C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Carpó,+M.+\(2011\).+The+alphabet+and+the+algorithm.+MIT+Press&ots=UOg64RCIW2&sig=aakqPIIF79hgk\\_hkdNyyvQIXFIE0#v=onepage&q=Carpó%2C+M.+\(2011\).+The+alphabet+and+the+algorithm.+MIT+Press&f](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=9COoFrSB5H8C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Carpó,+M.+(2011).+The+alphabet+and+the+algorithm.+MIT+Press&ots=UOg64RCIW2&sig=aakqPIIF79hgk_hkdNyyvQIXFIE0#v=onepage&q=Carpó%2C+M.+(2011).+The+alphabet+and+the+algorithm.+MIT+Press&f)

Carter, B. S., Hamilton, D. E. y Thompson, R. C. (2017). Learning Experimental Design through Targeted Student-Centric Journal Club with Screencasting. *Journal of undergraduate neuroscience education*, 16(1), A83-A88. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29371846>

Casas García, L. M. (2002). *El Estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de redes asociativas Pathfinder. Aplicaciones y novedades en geometría*. Universidad de Extremadura.

Castells, M. (2001). *La Galaxia Internet*. (Areté, Ed.). Barcelona.

Churchland, Patricia. (1986). *Neurophilosophy : toward a unified science of the mind-brain*. MIT Press.

Churchland, Paul. (1999). *Matter and Consciousness, Revised Edition A Contemporary Introduction to the Philosophy of Mind*.

- Clark, D. (2011). <https://donaldclarkplanb.blogspot.com/>. Recuperado a partir de <https://donaldclarkplanb.blogspot.com/>
- Clements, D. H. y Battista, M. T. (1994). Computer Environments for Learning Geometry. *Journal of Educational Computing Research*, 10(2), 173-197. <https://doi.org/10.2190/8074-298A-KTL2-UQVW>
- Collins, A., Brown, J. S. y Newman, S. E. (1989). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics'. En *Knowing, Learning, and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser* (pp. 453-494). Taylor and Francis. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781315044408-14>
- Consejería de Educación Juventud y Deporte. Comunidad de Madrid. Currículo de la Educación Secundaria Obligatoria., Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid NUM118 § (2015). Madrid. Recuperado a partir de [https://www.bocm.es/boletin/CM\\_Orden\\_BOCM/2015/05/20/BOCM-20150520-1.PDF](https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOCM/2015/05/20/BOCM-20150520-1.PDF)
- Cortés, J. (2019). Educación: Algoritmos que determinan si tu hijo necesita un refuerzo en matemáticas | Innovación | EL PAÍS Retina. *Retina, el País*. Recuperado a partir de [https://retina.elpais.com/retina/2019/08/07/innovacion/1565178055\\_229665.html](https://retina.elpais.com/retina/2019/08/07/innovacion/1565178055_229665.html)
- Costa Llobet, J. (2009). *Geometría Analítica a Batxillerat: un enfocament didàctic contextualizat i amb eines TIC*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Cross, N. (2007). From a Design Science to a Design Discipline: Understanding Designerly Ways of Knowing and Thinking. En *Design Research Now* (pp. 41-54). Basel: Birkhäuser Basel. [https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8472-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8472-2_3)
- Csikszentmihalyi, M. (2013). *Creativity: the psychology of discovery and invention. modern classics*. HarperPerennial. <https://doi.org/10.1037/e586602011-001>
- Csikszentmihalyi, M. (2014). *Applications of Flow in Human Development and Education*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9094-9>

Davis, D. (2011). Patenting Geometry – Daniel Davis. Recuperado 22 de julio de 2019, a partir de <https://www.danieldavis.com/patenting-geometry/>

De Bruyckere, P., Kirschner, P. A. y Hulshof, C. D. (s. f.). *Urban Myths about Learning and Education*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/c2013-0-18621-7>

Delacruz, E. (2004). Teachers' Working Conditions and the Unmet Promise of Technology. *Studies in Art Education*, 46(1), 6-19. <https://doi.org/10.1080/00393541.2004.11650065>

Delors, J. (1996). *La Educación encierra un tesoro, informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI (compendio)*. (Ediciones Unesco, Ed.). Recuperado a partir de [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000109590_spa)

Dennett, D. (2017). *From bacteria to bach and back: The evolution of minds*. W. W. Norton & Company.

Derex, M., Bonnefon, J.-F., Boyd, R. y Mesoudi, A. (2019). Causal understanding is not necessary for the improvement of culturally evolving technology. *Nature Human Behaviour*, 3(5), 446-452. <https://doi.org/10.31234/OSF.IO/NM5SH>

Dewey, J. (1897). *My pedagogic creed*. Recuperado a partir de [https://en.wikisource.org/wiki/My\\_Pedagogic\\_Creed](https://en.wikisource.org/wiki/My_Pedagogic_Creed)

Dewey, J. (1910). *How We Think*. (D.C. Heath & Company, Ed.). Recuperado a partir de [https://books.google.es/books?id=TE1IAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.es/books?id=TE1IAAAAMAAJ&redir_esc=y)

Di Marco, G. (2019). A Reasoned Approach to the Integration of Design and Fabrication Technologies in Architecture Education. En *KnE Social Sciences* (Ed.), *2019 XJTU International Conference: Architecture across Boundaries* (pp. 510–521). <https://doi.org/DOI 10.18502/kss.v3i27.5553>

Díaz-Obregón, R. y Scholz, O. (Eds.). (2010). *Educación artística en España. Ästhetische Erziehung in Spanien*. Berlín: Universität der Künste.

Dobbins, M. y Christ, C. (2019). Do they matter in education politics? The influence of political

- parties and teacher unions on school governance reforms in Spain. *Journal of Education Policy*, 34(1), 61-82. <https://doi.org/10.1080/02680939.2017.1406153>
- Dobbs, S. M. (1992). *The DBAE handbook : an overview of discipline-based art education*. Getty Center for Education in the Arts.
- Duarte, J. P., Celani, G. y Regiane Pupo. (2012). Inserting Computational Technologies in Architectural Curricula. En *Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education* (p. 22). <https://doi.org/10.4018/978-1-61350-180-1.ch022>
- Eisner, E. W. (1965). Curriculum Ideas in a Time of Crisis. *Art Education*, 18(7), 7. <https://doi.org/10.2307/3190712>
- Eisner, E. W. (2004). *Handbook of Research and Policy in Art Education*. New York, NY, US: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410609939>
- Ergood, A., Padron, K. y Rebar, L. (2012). Making Library Screencast Tutorials: Factors and Processes. *Internet Reference Services Quarterly*, 17(2), 95-107. <https://doi.org/10.1080/10875301.2012.725705>
- Erstad, O. (2008). Trajectories of remixing. Digital literacies, media production and schooling. En C. Lankshear y M. Knobel (Eds.), *Digital literacies: Concepts, policies and practices* (pp. 117-203). Peter Lang Publishing Inc.
- Faure, E. (1973). *Aprender a ser : la educación del futuro*. Alianza Editorial. Recuperado a partir de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000132984>
- Faustino dos Santos, J. P. (2012). *Estudio teórico-práctico de la camera obscura y de la camera lucida. Una nueva propuesta de máquina de dibujo digital*. Universitat Politècnica de València. Recuperado a partir de <https://www.educacion.es/teseo/mostrarRef.do?ref=996273>
- Federación de Enseñanza de Comisiones Obreras. Gabinete Jurídico. (2015). *TABLA COMPARATIVA LOMCE-LOE*.

- Feniger, Y. y Lefstein, A. (2014). How *not* to reason with PISA data: an ironic investigation. *Journal of Education Policy*, 29(6), 845-855. <https://doi.org/10.1080/02680939.2014.892156>
- Fernández-Liria, C., Galindo-Ferrández, E., García, O., Liria, C. F. (Carlos F., García Fernández, O. y Galindo Ferrández, E. (2017). *Escuela o barbarie. Entre el neoliberalismo salvaje y el delirio de la izquierda*. (S. A. Ediciones Akal, Ed.) (1.ª ed.). Recuperado a partir de [https://www.amazon.es/ESCUELA-BARBARIE-neoliberalismo-izquierda-Pensamiento-ebook/dp/B0728HDW7F/ref=tmm\\_kin\\_swatch\\_0?\\_encoding=UTF8&qid=&sr=](https://www.amazon.es/ESCUELA-BARBARIE-neoliberalismo-izquierda-Pensamiento-ebook/dp/B0728HDW7F/ref=tmm_kin_swatch_0?_encoding=UTF8&qid=&sr=)
- Fernández Casellas, M. V. (2016, enero 22). *El coaching educativo, la videoconferencia sincrónica online y otras herramientas digitales aplicadas a la enseñanza a distancia: implementación por videoconferencia sincrónica de un curso online de introducción a proyectos de diseño*. Universidad Complutense de Madrid.
- Fernández Enguita, M. (2016). *La educación en la encrucijada*. Recuperado a partir de [http://www.fundacionsantillana.com/fundacionsantillana/PDFs/alta\\_la\\_educacion\\_en\\_la\\_encrucijada\\_1.pdf](http://www.fundacionsantillana.com/fundacionsantillana/PDFs/alta_la_educacion_en_la_encrucijada_1.pdf)
- Ferneding, K. (2007). Understanding the Message of the Medium: Media Technologies as an Aesthetic. En L. Bresler (Ed.), *International Handbook of Research in Arts Education* (pp. 1331-1352). New York, NY, US: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3052-9\\_91](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3052-9_91)
- Floris, R. y Bevacqua, G. (1989). Development and classroom experimentation of interactive geometry exercises. *Journal of Computer Assisted Learning*, 5(3), 161-176. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1989.tb00154.x>
- Frederick Hess. (2011, septiembre). Our Achievement-Gap Mania. *National Affairs*, 113-129. Recuperado a partir de <https://www.nationalaffairs.com/publications/detail/our-achievement-gap-mania>
- Fundación Cotec. (2018). *Red por el dialogo educativo. Declaración de principios*. Recuperado a partir de [https://cotec.es/media/REDE\\_declaracion\\_VFinal.pdf](https://cotec.es/media/REDE_declaracion_VFinal.pdf)
- Gage, N. (1989). The Paradigm Wars and Their Aftermath A “Historical” Sketch of Research on



Teaching Since 1989. *Educational Researcher*, 18(7), 4-10.  
<https://doi.org/10.3102/0013189X018007004>

Gardner, H. (2011). *Frames of mind : the theory of multiple intelligences*. Basic Books. Recuperado a partir de [https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=4Y5VDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=Gardner,+H.+\(1983\)+Frames+of+mind:+The+theory+of+multiple+intelligences,+New+York:+Basic+Books.&ots=Rrqi yg03Fw&sig=sbDgXjLunDeYFVF4MmKoRIPutQg&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Gardner%2C H. \(1983\) Frames of mind%3A The theory of multiple intelligences%2C New York%3A Basic Books.&f=false](https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=4Y5VDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=Gardner,+H.+(1983)+Frames+of+mind:+The+theory+of+multiple+intelligences,+New+York:+Basic+Books.&ots=Rrqi yg03Fw&sig=sbDgXjLunDeYFVF4MmKoRIPutQg&redir_esc=y#v=onepage&q=Gardner%2C H. (1983) Frames of mind%3A The theory of multiple intelligences%2C New York%3A Basic Books.&f=false)

Gibson, K. S. y Bell, I. (2011). When Technology and Design Education is Inhibited by Mathematics. *Design and Technology Education: an International Journal*, 16(3). Recuperado a partir de <https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/1662>

Giedion, S. (1969). *Mechanization takes command : a contribution to anonymous history*. Norton.

Gil-Flores, J., Rodríguez-Santero, J. y Torres-Gordillo, J.-J. (2017). Factors that explain the use of ICT in secondary-education classrooms: The role of teacher characteristics and school infrastructure. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.057>

Gilster, P. (1997). *Digital literacy*. New York: Wiley Computer Pub.

Goktepe Yildiz, S. y Ozdemir, A. S. (2018). The effects of engineering design processes on spatial abilities of middle school students. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9491-y>

Goldsmith, M. U. D. y Fonseca, A. J. (2014). Engaging students through the arts and humanities: meaningful programming. En *Proactive Marketing for the New and Experienced Library Director* (pp. 65-86). Chandos Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781780634685.65>

Gortazar, L. (2019). *Estudios sobre la Economía Española-2019/17 ¿Favorece el sistema educativo español la igualdad de oportunidades?*

- Green, K. R., Pinder-Grover, T. y Millunchick, J. M. (2012). Impact of screencast technology: Connecting the perception of usefulness and the reality of performance. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 717-737. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb01126.x>
- Greer, W. D. (1993). Developments in Discipline-Based Art Education (DBAE): From Art Education toward Arts Education. *Studies in Art Education*, 34(2), 91. <https://doi.org/10.2307/1320446>
- Grek, S. (2009). Governing by numbers: the PISA 'effect' in Europe. *Journal of Education Policy*, 24(1), 23-37. <https://doi.org/10.1080/02680930802412669>
- Grek, S. (2019). Facing "a tipping point"? The role of the OECD as a boundary organisation in governing education in Sweden. *Education Inquiry*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/20004508.2019.1701838>
- Guilford, J. P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Gutiérrez, Alfonso; Palacios, Andrés; Torrego, L. (2010). Tribus digitales en las aulas universitarias. *Comunicar*, XVII(34). Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/html/158/15812481020/>
- Harvey, D. (1996). *Justice, nature and the geography of difference*. Blackwell Publishers.
- Hennessey, S., Twigger, D., Driver, R., O'Shea, T., O'Malley, C. E., Byard, M., ... Scanlon, E. (1995). A classroom intervention using a computer-augmented curriculum for mechanics. *International Journal of Science Education*, 17(2), 189-206. <https://doi.org/10.1080/0950069950170204>
- Hennessey, Sara, Deane, R. y Ruthven, K. (2005). Emerging teacher strategies for supporting subject teaching and learning with ICT. *Curriculum Journal*, 16(3), 265-292. Recuperado a partir de <http://www.educ.cam.ac.uk/>
- Hennessey, Sara y Murphy, P. (1999). The Potential for Collaborative Problem Solving in Design and Technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 9(1), 1-36.

<https://doi.org/10.1023/A:1008855526312>

Hennessy, Sara, Ruthven, K. y Brindley, S. (2005). Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: Commitment, constraints, caution and change. *Journal of Curriculum Studies*, 37(2), 155-192. Recuperado a partir de <https://www.educ.cam.ac.uk/research/projects/istl/WP042.pdf>

Hennessy, Sara, Wishart, J., Whitelock, D., Deane, R., Brawn, R., Velle, L. la, ... Winterbottom, M. (2007). Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching. *Computers & Education*, 48(1), 137-152. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2006.02.004>

Henrich, J. (2016). *The Secret of Our Success: How Culture Is Driving Human Evolution, Domesticating Our Species, and Making Us Smarter*. (Princeton University Press, Ed.). Oxford: Princeton. <https://doi.org/doi:10.2307/j.ctvc77f0d>

Hernández-Rivero, L. (2014, diciembre 19). *Uso del programa SketchUp para facilitar la comprensión del sistema de representación proyectual en la materia de Educación Plástica y Visual de 1º de Educación Secundaria Obligatoria*. Recuperado a partir de <https://reunir.unir.net/handle/123456789/2966>

Hernández Belver, M. (2005). Fundamentos y perspectivas actuales de la investigación en educación artística. En R. Marín Viadel (Ed.), *Investigación en educación artística : temas, métodos y técnicas de indagación sobre el aprendizaje y la enseñanza de las artes y culturas visuales* (pp. 175-200). Universidad de Granada.

Hobbs, R. y Jensen, A. (2009). The Past, Present, and Future of Media Literacy Education. *Journal of Media Literacy Education*, 1(1). Recuperado a partir de <https://digitalcommons.uri.edu/jmle/vol1/iss1/1>

Hubbard, G. (1995). Electronic Artstrands: Computer Delivery of Art Instruction. *Art Education*, 48(2), 44. <https://doi.org/10.2307/3193513>

Hugh Morrison. (2013). *Pisa 2012 major flaw exposed | Pace N.Ireland Education Weblog*. Recuperado a partir de <https://paceni.wordpress.com/2013/12/01/pisa-2012-major-flaw->

exposed/

I. J. y Shoenberg. (1964). Spline Functions and the Problem of Graduation. En National Academy of Sciences (Ed.), *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. <https://doi.org/doi:10.1073/pnas.52.4.947>

INTEF. (2017). *Marco Común de Competencia Digital Docente INTEF*. Recuperado a partir de <http://educalab.es/documents/10180/12809/MarcoComunCompeDigiDoceV2.pdf>

International Telecommunication Unit. (2019). *Measuring digital development*. Geneva. Recuperado a partir de <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2019.pdf>

Iordanova, I. (2007). Teaching Digital Design Exploration: Form Follows.... *International Journal of Architectural Computing*, 5(4), 685-702. <https://doi.org/10.1260/147807707783600807>

Jensen, A. P. (2016). A technological, pedagogical, arts knowledge framework. *Arts Education Policy Review*, 117(3), 153-158. <https://doi.org/10.1080/10632913.2016.1187970>

Johnson, G. M. (2008). Functional Internet Literacy: Required Cognitive Skills with Implications for Instruction. En Lankshear y Knobel (Eds.), *Digital literacies: Concepts, policies and practices* (pp. 33-43). Peter Lang Publishing Inc.

Kafai, Y. (1995). *Minds in Play: Computer Game Design as a Context for Children's Learning*. New Jersey: L. Erlbaum Associates Inc. Recuperado a partir de <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/527173>

Karen Hao. (2019, agosto). China has started a grand experiment in AI education. It could reshape how the world learns. *MIT Technology Review*. Recuperado a partir de <https://www.technologyreview.com/s/614057/china-squirrel-has-started-a-grand-experiment-in-ai-education-it-could-reshape-how-the/>

Keifer-Boyd, K. (2019). Cultures of Curriculum. En *The International Encyclopedia of Art and Design Education* (pp. 1-10). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

<https://doi.org/10.1002/9781118978061.ead094>

Kell, H. J., Lubinski, D., Benbow, C. P. y Steiger, J. H. (2013). Creativity and Technical Innovation. *Psychological Science*, 24(9), 1831-1836. <https://doi.org/10.1177/0956797613478615>

Kerlinger, F. N. (1977). The influence of research on education practice. *Educational Researcher*, 6(8), 5-12. <https://doi.org/10.3102/0013189X006008005>

Kilickaya, F. (2016). Use of screencasting for delivering lectures and providing feedback in educational contexts: Issues and implications. En M. Marczak y J. Krajka (Eds.), *CALL for Openness* (pp. 73-90). New York: Peter Lang Publishing Inc. <https://doi.org/10.3726/978-3-653-06756-9>

Kivunja, C. y Kuyini, A. B. (2017). Understanding and Applying Research Paradigms in Educational Contexts. *International Journal of Higher Education*, 6(5), 16. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v6n5p26>

Kreiner, S. y Christensen, K. B. (2014). Analyses of Model Fit and Robustness. A New Look at the PISA Scaling Model Underlying Ranking of Countries According to Reading Literacy. *Psychometrika*, 79(2), 210-231. <https://doi.org/10.1007/s11336-013-9347-z>

Kudrowitz, B. M. y Wallace, D. (2013). Assessing the quality of ideas from prolific, early-stage product ideation. *Journal of Engineering Design*, 24(2), 120-139. <https://doi.org/10.1080/09544828.2012.676633>

Lawrence Lessig. (2005). *Cultura libre*. Chile: Ediciones LOM.

Lee, J., Gu, N. y Williams, A. (2013). Exploring Design Strategy in Parametric Design to Support Creativity. En S. R. R. Stouffs, P. Janssen (Ed.), *International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia* (pp. 489–498). Singapore: Open Systems. Recuperado a partir de [http://cuminCAD.scix.net/cgi-bin/works/Show?caadria2013\\_049](http://cuminCAD.scix.net/cgi-bin/works/Show?caadria2013_049)

Linn, M. C. y Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56(6), 1479. <https://doi.org/10.2307/1130467>

- Liu, Y.-T. y Lim, C.-K. (2006). New tectonics: a preliminary framework involving classic and digital thinking. *Design Studies*, 27(3), 267-307. <https://doi.org/10.1016/J.DESTUD.2005.11.008>
- Lloyd, S. A. y Robertson, C. L. (2012). Screencast Tutorials Enhance Student Learning of Statistics. *Teaching of Psychology*, 39(1), 67-71. <https://doi.org/10.1177/0098628311430640>
- Logo Foundation. (2015). Logo Foundation Publications. Recuperado 26 de octubre de 2018, a partir de <http://el.media.mit.edu/logo-foundation/resources/publications.html>
- López de Silanes Valgañón, F. J. I. (2011). *Didáctica de la geometría: Análisis de la enseñanza de la geometría a partir de un estudio de campo según el modelo de Van Hiele*. Universidad Complutense de Madrid.
- López de Silanes Valgañón, F. J. I. (2012). *DIDACTICA DE LAS MATEMATICAS*. DAVINCI.
- Luna Aguayo, R. (2002). *Influencia del aprendizaje cooperativo y la activación de la metacognición en una didáctica comprensiva de la geometría euclidiana*. Universidad Ramón Llull.
- MacGregor, R. N. (1993). Nightmares and Visions. *Art Education*, 46(6), 4-5. <https://doi.org/10.1080/00043125.1993.11652239>
- Magro, C. (2019). Que nadie se quede atrás | co.labora.red. Recuperado 29 de enero de 2020, a partir de <https://carlosmagro.wordpress.com/2019/11/19/que-nadie-se-queda-atras/>
- Malakuczi, V. (2019). *Computational by Design*. Champaign, IL: Common Ground Research Networks. <https://doi.org/10.18848/978-1-86335-123-2/CGP>
- Mama, M. y Hennessy, S. (2013). Developing a typology of teacher beliefs and practices concerning classroom use of ICT. *Computers & Education*, 68(C), 380-387. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.022>
- Manovich, L. (2013). *Software takes command: extending the language of new media*. Bloomsbury Publishing. <https://doi.org/10.5040/9781472544988>
- Marín Viadel, R. (2005). *Investigación en educación artística: temas, métodos y técnicas de*

*indagación sobre el aprendizaje y la enseñanza de las artes y culturas visuales.* (Universidad de Granada, Ed.). Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=11209>

Marín Viadel, R. (2011). La Investigación en Educación Artística. *Educatio Siglo XXI*, 29(1), 211-230.

Mau-Homen Magro, A. (2006). *Concepciones/Motivaciones de los alumnos acerca de la geometría en enseñanza secundaria. Influencia de las nuevas tecnologías.* Universidad de Extremadura.

Maxwell, J. A. (2016). Expanding the History and Range of Mixed Methods Research. *Article Journal of Mixed Methods Research*, 10(1), 12-27. <https://doi.org/10.1177/1558689815571132>

Maxwell, J. A. (2019). The Value of Qualitative Inquiry for Public Policy. *Qualitative Inquiry*. <https://doi.org/10.1177/1077800419857093>

Mcanally-Salas, L. y Sandoval, J. O. (2007). La educación en línea y la capacidad de innovación y cambio de las instituciones de educación. *Apertura*, 7(7), 82-94. Recuperado a partir de <https://www.redalyc.org/pdf/688/68800707.pdf>

McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for «intelligence». *The American psychologist*, 28(1), 1-14. <https://doi.org/10.1037/h0034092>

McCullough, M. (1996). *Abstracting craft : the practiced digital hand.* MIT Press.

McKenney, S. (2013). Designing and researching technology-enhanced learning for the zone of proximal implementation. *Research in Learning Technology*, 21. <https://doi.org/10.3402/rlt.v21i0.17374>

McLuhan, M. y Lapham, L. H. (1994). *Understanding media : the extensions of man.* MIT Press.

Merodio, I. (2010). Educación artística en España: Historia y situación de la educación artística en la España del año 2009. Recuperado 23 de julio de 2019, a partir de

<https://educacionartisticaenespania.blogspot.com/2010/12/historia-y-situacion-de-la-educacion.html>

Mertens, D. M. (2004). *Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. (SAGE publi).

Meyer, H.-D. (2014). Imagining PISA's Policy Futures: A Postscript and Some Extensions to the Open Letter to Andreas Schleicher. *Policy Futures in Education*, 12(7), 883-892. <https://doi.org/10.2304/pfie.2014.12.7.883>

Ministerio de Educación Cultura y Deporte. Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato, 25 BOE § (2015). España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. <https://doi.org/10.1080/07351698709533667>

Mirra, N., Morrell, E. y Filipiak, D. (2018). From Digital Consumption to Digital Invention: Toward a New Critical Theory and Practice of Multiliteracies. *Theory Into Practice*, 57(1), 12-19. <https://doi.org/10.1080/00405841.2017.1390336>

Murillo, F. J. y Martínez-Garrido, C. (2018). Impact of the economic crisis on school segregation in Spain. *Revista de Educacion*, 2018(381). <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2017-381-381>

Nemeth, C. J., Personnaz, M., Personnaz, B. y Goncalo, J. A. (2003). The Liberating Role of Conflict in Group Creativity: A Cross Cultural Study. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.440663>

Noss, R. (2013). Special Issue on knowledge transformation, design and technology. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(1), 1-3. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2011.00466.x>

OCDE. (2009). *TALIS, Teaching and learning international survey*. Recuperado a partir de <https://data.oecd.org/education.htm>



OECD. (2001). *DeSeCo background paper*.

OECD. (2011). *PISA 2009 Results: Students On Line: Digital Technologies and Performance VOLUME VI*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264112995-en>

OECD. (2012). Historical Summary of CERI's Main Activities Dates of activity CERI projects Additional information. Recuperado 28 de enero de 2020, a partir de <https://www.oecd.org/education/ceri/50234306.pdf>

OECD. (2015). *Students, Computers and Learning: Making the connection*. Paris. <https://doi.org/doi:http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>

OECD. (2018). *Education at a Glance 2018*. OECD. <https://doi.org/10.1787/eag-2018-en>

OECD. (2019). *OECD Skills Strategy 2019*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264313835-en>

Olkun, S. (2003). Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*. Recuperado a partir de <http://www.ex.ac.uk/cimt/ijmtl/ijabout.htm>

Osborn, A. (1948). *Your creative power*. Scribner. Recuperado a partir de <https://www.worldcat.org/title/your-creative-power/oclc/607142384>

Papert, S. (1997). Why School Reform Is Impossible. *Journal of the Learning Sciences*, 6(4), 417-427. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls0604\\_5](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0604_5)

Patel, H., Challawala, A. y Morrison, E. (2019). *Education Technology: Out with the Old School*. Recuperado a partir de [https://www.investmentbank.barclays.com/our-insights/education-technology-out-with-the-old-school.html?cid=paidsocial-image\\_twitter\\_emea-brand-content-2019\\_edtech\\_22612226](https://www.investmentbank.barclays.com/our-insights/education-technology-out-with-the-old-school.html?cid=paidsocial-image_twitter_emea-brand-content-2019_edtech_22612226)

Peña Mecina, A. (2010). *Enseñanza de la geometría con TIC en educación secundaria obligatoria*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Pérez Morales, M. R. (2002). *Diseño, desarrollo y evaluación de un entrenador de enseñanza*

- asistida por computadora para la asignatura de geometría descriptiva*. Universidad de Oviedo. Recuperado a partir de <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=287166>
- Perrotta, C. y Selwyn, N. (2019). Deep learning goes to school: toward a relational understanding of AI in education. *Learning, Media and Technology*. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1686017>
- Pittalis, M. y Christou, C. (2010). Types of reasoning in 3D geometry thinking and their relation with spatial ability. *Educational Studies in Mathematics*, 75, 191-212. <https://doi.org/10.2307/40928555>
- Poni, M. (2014). Research Paradigms in Education. *Journal of Educational and Social Research MCSER Publishing*, 4(1). <https://doi.org/10.5901/jesr.2014.v4n1p407>
- Popenici, S. A. D. y Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
- Popova, A., Evans, D. K., Breeding, M. E. y Arancibia, V. (2018). *Teacher Professional Development around the World The Gap between Evidence and Practice* (Policy Research Working Paper; No. 8572). Washington, DC. Recuperado a partir de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30324>
- Pye, D. (1995). *The nature and art of workmanship*. Herbert Press.
- Rantala, L. y Suoranta, J. (2008). Digital literacy policies in the UE. Inclusive partnership as the final stage of governmentality? En C. Lankshear y M. Knobel (Eds.), *Digital literacies: Concepts, policies and practices* (pp. 91-118). Peter Lang Publishing Inc.
- Raul Kuldarni. (s. f.). Evolution of CAD — From light pens to Synchronous Technology! Technical Illustration | Medium. Recuperado 17 de enero de 2021, a partir de <https://medium.com/technical-illustration/evolution-of-cad-from-light-pens-to-synchronous-technology-549cc8eef5d0>

- Reimers, F. y McGinn, N. (1997). *Informed Dialogue: Using Research to Shape Education Policy Around the World*. Praeger. Recuperado a partir de [https://www.researchgate.net/publication/44822641\\_Informed\\_Dialogue\\_Using\\_Research\\_to\\_Shape\\_Education\\_Policy\\_Around\\_the\\_World](https://www.researchgate.net/publication/44822641_Informed_Dialogue_Using_Research_to_Shape_Education_Policy_Around_the_World)
- Reynaud, E., Navarro, J., Lesourd, M. y Osiurak, F. (2019). To Watch is to Work: a Review of NeuroImaging Data on Tool Use Observation Network. *Neuropsychology Review*, 29(4), 484-497. <https://doi.org/10.1007/s11065-019-09418-3>
- Rick Ginsberg y Neal Kingston. (2014). Caught in a Vise: The Challenges Facing Teacher Preparation in an Era of Accountability, Teachers College Record, 2014. *Teachers College Record*, 116(1). Recuperado a partir de <https://eric.ed.gov/?id=EJ1020223>
- Rietzschel, E. F., Nijstad, B. A. y Stroebe, W. (2006). Productivity is not enough: A comparison of interactive and nominal brainstorming groups on idea generation and selection. *Journal of Experimental Social Psychology*, 42(2), 244-251. <https://doi.org/10.1016/J.JESP.2005.04.005>
- Rivas, A. (2019). *¿Quién controla el futuro de la educación? : las nuevas batallas del Estado y el mercado en la era de algoritmos*. Siglo Veintiuno Argentina.
- Rizvi, F. y Lingard, B. (2009). The OECD and Global Shifts in Education Policy. En R. Cowen y A. M. Kazamias (Eds.), *International Handbook of Comparative Education* (pp. 437-453). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6403-6\\_28](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6403-6_28)
- Robinson-Cimpian, J. P. y Kamenetz, A. (2014). Inaccurate Estimation of Disparities Due to Mischievous Responders: Several Suggestions to Assess Conclusions. *Educational Researcher*, 43(4), 171-185. <https://doi.org/10.3102/0013189X14534297>
- Rosenkrantz, J. y Louis-Rosenberg, J. (2007). Nervous System | about us. Recuperado 22 de julio de 2019, a partir de [https://n-e-r-v-o-u-s.com/about\\_us.php](https://n-e-r-v-o-u-s.com/about_us.php)
- Roser, M. y Ortiz-Ospina, E. (2019). Global Rise of Education. Recuperado a partir de <https://ourworldindata.org/global-rise-of-education>

Ruíz López, N. (2012). *Análisis del desarrollo de competencias geométricas y didácticas mediante el software de geometría dinámica Geogebra en la formación inicial del profesorado de primaria*. Universidad Autónoma de Madrid.

Sáez-Lacave, A. (2017). videotutorials. *Dataset on Zenodo*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.4130067>

Saez-lacave, A., Rodriguez-lopez, A. y Serrano-muñoz, S. (2020). Changing the Spanish arts curriculum for secondary school: the case for digital geometry and screencasting, 28(1063519), 1-16.

Sáez Lacave, A. (2018a). Animación gif para 1º de la ESO. Recuperado a partir de <https://www.youtube.com/playlist?list=PLlbu8JYb436DUtFWcTOVomz4yBH5ER-qD>

Sáez Lacave, A. (2018b). Red geometrica para 2º ESO. Recuperado a partir de <https://www.youtube.com/playlist?list=PLlbu8JYb436Cscnhny2-ErwkDguhoATxq>

Saha, R. A. (2010). The Effects of GeoGebra on Mathematics Achievement: Enlightening Coordinate Geometry Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 8, 686-693.  
<https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2010.12.095>

Salmon, C. y Shackelford, T. K. (2007). *Family relationships : an evolutionary perspective*. Oxford University Press. Recuperado a partir de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gAitxqSxOxkC&oi=fnd&pg=PA16&dq=evo+altriciality+human&ots=Xml-O3PfeF&sig=4xRRiB3Vtazy\\_GH\\_mdNnsBxoGEs#v=onepage&q=evoaltricialityhuman&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gAitxqSxOxkC&oi=fnd&pg=PA16&dq=evo+altriciality+human&ots=Xml-O3PfeF&sig=4xRRiB3Vtazy_GH_mdNnsBxoGEs#v=onepage&q=evoaltricialityhuman&f=false)

Sánchez Guirao, A. (2009, junio 22). *Análisis comparativo de los programas oficiales de dibujo técnico en la enseñanza media y su implicación en las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) como recurso metodológico*. Riunet. Universitat Politècnica de València, Valencia (Spain). <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/8549>

Sass, L. y Oxman, R. (2006). Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital

- design. *Design Studies*, 27(3), 325-355. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2005.11.009>
- Sawyer, R. K. (2012). *Explaining creativity: The science of human innovation*. New York, NY, US: Oxford University Press.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner : how professionals think in action*.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner : toward a new design for teaching and learning in the professions*. Jossey-Bass.
- Sefton-Green, J. (2020). Publications | Julian Sefton-Green. Recuperado 28 de enero de 2020, a partir de [http://www.julianseftongreen.net/?page\\_id=3](http://www.julianseftongreen.net/?page_id=3)
- Selwyn, N. (2012). *Education in a Digital World. Global Perspectives on Education in Industrialized Countries. Education in a Digital World: Global Perspectives on Technology and Education*. New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203108178>
- Shah, P. y Miyake, A. (2005). *The Cambridge handbook of visuospatial thinking*. Cambridge University Press. Recuperado a partir de [https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=m91B8zm\\_1qgC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Hegarty,+M.,+%26+Waller,+D.+\(2005\).+Individual+differences+in+spatial+abilities.+In+P.+Shah+%26+A.+Miyake+\(Eds.\),+The+cambridge+handbook+of+visuospatial+thinking+\(pp.+121-169\).+Cambridge:+Cambridge+University+Press.&ots=kooeRwjBqo&sig=SSBqmtqaKX-tC1dcZbIDqP8mLj8&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=m91B8zm_1qgC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Hegarty,+M.,+%26+Waller,+D.+(2005).+Individual+differences+in+spatial+abilities.+In+P.+Shah+%26+A.+Miyake+(Eds.),+The+cambridge+handbook+of+visuospatial+thinking+(pp.+121-169).+Cambridge:+Cambridge+University+Press.&ots=kooeRwjBqo&sig=SSBqmtqaKX-tC1dcZbIDqP8mLj8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Smith, H. B. y Hansen, G. A. (2019). Construction of a Hydropower Plant with Zero Drawings: A Success Story from Norway. Recuperado 19 de julio de 2019, a partir de <https://medium.com/autodesk-university/construction-of-a-hydropower-plant-with-zero-drawings-a-success-story-from-norway-2a116b4223c4>
- Snyder, C., Paska, L. M. y Besozzi, D. (2014). Cast from the Past: Using Screencasting in the Social Studies Classroom. *The Social Studies*, 105(6), 310-314. <https://doi.org/10.1080/00377996.2014.951472>

- Soby, M. (2008). Digital competence. From education policy to pedagogy: the norwegian context. En C. Lankshear y M. Knobel (Eds.), *Origins and concepts of digital literacy* (pp. 91-119). Peter Lang Publishing Inc.
- Sordo Juanena, J. M. (2005). *Estudio de una estrategia didáctica basada en las nuevas tecnologías para la enseñanza de la geometría*. Universidad Complutense de Madrid.
- Souza Melo, S. de. (2008). *Estudio pedagógico de la enseñanza virtual de la geometría desde un enfoque socio-constructivista*. Universidad de Salamanca. Recuperado a partir de <https://www.educacion.es/teseo/mostrarRef.do?ref=586809>
- Stallman, R. M. (2002). *Free software, free society: selected essays of Richard M. Stallman* (Free Softw). Boston, MA: GNU Press.
- Stankiewicz, M. A. (1996). Art Education Reform and New Technologies. *Art Education*, 49(6), 4-5. <https://doi.org/10.1080/00043125.1996.11651461>
- Stankiewicz, M. A., Freedman, K. y Hernandez, F. (1999). Curriculum, Culture, and Art Education: Comparative Perspectives. *History of Education Quarterly*, 39(2), 216. <https://doi.org/10.2307/370048>
- Sternberg, R. J. (1999). Handbook of creativity. *Choice Reviews Online*, 36(11), 36-6571-36-6571. <https://doi.org/10.5860/CHOICE.36-6571>
- Sternberg, R. J. y Kaufman, J. C. (2013). *The Creativity Conundrum*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203759615>
- Stiny, G. y Gips, J. (1972). Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture. En C. V. Freiman, J. Griffih y J. L. Rosenfeld (Eds.), *IFIP Congress 1971* (pp. 125-135). Amsterdam: North Holland Publishing.
- Stokrocki, M. (2007). Art Education Avatars in Cybersapce. En L. Bresler (Ed.), *International Handbook of Research in Arts Education*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3052-9>

- Sugar, W., Brown, A. y Luterbach, K. (2010). Examining the anatomy of a screencast: Uncovering common elements and instructional strategies. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 11(3), 1. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v11i3.851>
- Sutherland, I. E. (2003). *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*. <https://doi.org/ISSN1476-2986>
- Taylor, P. y Medina, M. N. (2013). Educational research paradigms: From positivism to multiparadigmatic. *International Journal of Meaning Centred Education*, 1. <https://doi.org/10.13140/2.1.3542.0805>
- Thackara, J. (2005). *In the bubble : Designing in a complex world*. MIT Press.
- The Evolution Institute. (2020). The Evolution Institute – Improving quality of life by applying evolutionary science to pressing social issues. Recuperado 1 de diciembre de 2019, a partir de <https://evolution-institute.org/>
- Thomas, A. (2017). Screencasting to Support: Effective Teaching Practices. *Teaching Children Mathematics*, 23(8), 492. <https://doi.org/10.5951/teacchilmath.23.8.0492>
- Tienken, C. H. y Zhao, Y. (2013). How Common Standards and Standardized Testing Widen the Opportunity Gap. En *Closing the Opportunity Gap* (pp. 111-122). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199982981.003.0008>
- Tom Loveless. (2014). PISA's China Problem Continues: A Response to Schleicher, Zhang, and Tucker. Recuperado 28 de agosto de 2019, a partir de <https://www.brookings.edu/research/pisas-china-problem-continues-a-response-to-schleicher-zhang-and-tucker/>
- Toothaker, L. E., Siegel, S. y Castellan, N. J. (1989). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences* ( Second Edition ). <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2010.08.012>
- Trivers, R. L. (1974). Parent-Offspring Conflict. *American Zoologist*, 14(1), 249-264. <https://doi.org/10.1093/icb/14.1.249>

- Trivers, R. L. (2017). Parental investment and sexual selection. En *Sexual Selection and the Descent of Man: The Darwinian Pivot* (pp. 136-179). <https://doi.org/10.4324/9781315129266-7>
- Trujillo, F. (2017). ¿Por qué han fracasado las “competencias” en educación? Lecciones para futuros intentos de innovación educativa | Fernando Trujillo | De estranjis | Un blog con más ideología que tecnología. Recuperado 21 de marzo de 2018, a partir de <http://fernandotrujillo.es/por-que-han-fracasado-las-competencias-en-educacion-lecciones-para-futuros-intentos-de-innovacion-educativa/>
- University of the Arts (UdK) y Technische Universität (TU). (2019). Shaping Space: Converging Art | Science | Technology — Overview. Recuperado 26 de julio de 2019, a partir de <https://www.shapingspace.de/overview/>
- Uttal, D. H. y Cohen, C. A. (2012). Spatial Thinking and STEM Education: When, Why, and How? *Psychology of Learning and Motivation*, 57, 147-181. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394293-7.00004-2>
- Van De Kaa, D. J. (1987). Europe's second demographic transition. *Population bulletin*, 42(1), 1-59. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12268395>
- Varios. (2014, mayo 6). OECD and Pisa tests are damaging education worldwide. *The Guardian*. Recuperado a partir de <https://www.theguardian.com/education/2014/may/06/oecd-pisa-tests-damaging-education-academics>
- Verger, A., Parcerisa, L. y Fontdevila, C. (2019). The growth and spread of large-scale assessments and test-based accountabilities: a political sociology of global education reforms. *Educational Review*, 71(1), 5-30. <https://doi.org/10.1080/00131911.2019.1522045>
- Verissimo Catarreira, S. M. (2013). *La introducción de las ideas de la teoría de conector nucleares en la enseñanza de la geometría y sus implicaciones*. Universidad de Extremadura.
- Vesprille, K. (1975). *Computer-Aided Design Applications of the B-Spline Approximation Form*. Universidad de Siracusa.



- Walk, S. R. (2011). Improving technological literacy criteria development through quantitative technology forecasting. En ASEE (Ed.), *Proceedings of the 118th ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 22.840.1-22.840.22). Recuperado a partir de [https://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C55IWjvfbgY9cEWZGXY&page=4&doc=37&cacheurlFromRightClick=no](https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=C55IWjvfbgY9cEWZGXY&page=4&doc=37&cacheurlFromRightClick=no)
- Walk, S. R. (2012). Quantitative Technology Forecasting Techniques. En A. Teixeira (Ed.), *Technological Change* (pp. 103-124). Rijeka, Croatia: InTech. <https://doi.org/10.5772/38024>
- William Stewart. (2013). Is Pisa fundamentally flawed? Recuperado 28 de agosto de 2019, a partir de <https://www.tes.com/news/pisa-fundamentally-flawed>
- Williamson, B. (2019). Digital policy sociology: software and science in data-intensive precision education. *Critical Studies in Education*. <https://doi.org/10.1080/17508487.2019.1691030>
- Wilson, C. (2011). *Alfabetización mediática e informacional [recurso electrónico]: curriculum para profesores*. (UNESCO, Ed.). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO. Recuperado a partir de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000216099>
- Wilson, D. S., Kauffman, R. A. y Purdy, M. S. (2011). A Program for At-Risk High School Students Informed by Evolutionary Science. *PLoS ONE*, 6(11), e27826. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027826>
- World Wide Web Consortium. (2011). Paths – SVG 1.1 (Second Edition). Recuperado 17 de julio de 2019, a partir de <https://www.w3.org/TR/SVG11/paths.html#PathDataCubicBezierCommands>
- Zawacki-Richter, O. y Latchem, C. (2018). Exploring four decades of research in Computers & Education. *Computers & Education*, 122, 136-152. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.001>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M. y Gouverneur, F. (2019, diciembre 1). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the

- educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O. y Nunamaker, J. F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & Management*, 43(1), 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>
- Zhao, Y. (2015). Who's afraid of PISA: The fallacy of international assessments of system performance. En M. S. Jones y A. Harris (Eds.), *Leading Futures. Global Perspectives on Educational Leadership* (pp. 7-21). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc. Recuperado a partir de [https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=htSCCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=info:fGbQ9Pb1EBAJ:scholar.google.com&ots=4axBK9Y1dl&sig=KPO-j9\\_uQQW2AmQPioxyqmu04R8&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=htSCCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=info:fGbQ9Pb1EBAJ:scholar.google.com&ots=4axBK9Y1dl&sig=KPO-j9_uQQW2AmQPioxyqmu04R8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Zhao, Y. (2017). What works may hurt: Side effects in education. *Journal of Educational Change*, (18), 1-19. <https://doi.org/DOI 10.1007/s10833-016-9294-4>
- Zhao, Y. y Frank, K. A. (2003). Factors Affecting Technology Uses in Schools: An Ecological Perspective. *American Educational Research Journal*, 40(4), 807-840. <https://doi.org/10.3102/00028312040004807>



# ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Fases e instrumentos de la investigación.....	34
Tabla 2: Datos de la encuesta final en línea .....	166
Figura 1: Iván Sutherland interactúa con el sistema Sketchpad, MIT (Di Marco, 2019) .....	50
Figura 2: Jerome Elkins, senior vice-president de Bolt, Beranek y Newman, Inc., junto con Iván Sutherland examinan el Line Drawing System. Imagen de los archivos de la Universidad de Utah. ....	51
Figura 3: Curva B-Spline con puntos de control, WIKIPEDIA.....	52
Figura 4: CURVA NURBS POLINOMIAL Y SU PROYECCIÓN RACIONAL, WIKIPEDIA .....	53
Figura 5: PRIMERA VERSIÓN DE CATIA, 1981. (Campbell, 2006)(Raul Kuldarni, s. f.) .....	55
Figura 6: Primera versión de AUTOCAD, 1982 (Raul Kuldarni, s. f.) .....	55
Figura 7: ejemplos de dibujos sencillos con uso de una sola herramienta.....	160
Figura 8: ejemplos de dibujos complejos con uso de más de una herramienta .....	161
Figura 9: ejemplos de dibujos complejos con uso de varias herramientas y consiguiendo efecto y composición.....	162
Figura 10 Instalación y Participación.....	168
Figura 11: Software libre y Participación .....	169
Figura 12: Editor de gráficos vectoriales y Participación .....	170
Figura 13: Videotutorial y Participación.....	171
Figura 14: Dibujo y participación .....	172



## **ANEXOS**

## Anexo 1: formulario de la encuesta final

### Inkscape para la E.S.O

Encuesta final para los participantes en el Proyecto de *Screencasting* para Inkscape.

\*Obligatorio

1. Soy un alumno de la ESO en la Comunidad de Madrid \* Marca solo un óvalo.

- |                       |                     |                              |
|-----------------------|---------------------|------------------------------|
| <input type="radio"/> | si, estoy en 1º     | <i>Pasa a la pregunta 2.</i> |
| <input type="radio"/> |                     |                              |
| <input type="radio"/> | si, estoy en 2º     | <i>Pasa a la pregunta 3.</i> |
| <input type="radio"/> |                     |                              |
| <input type="radio"/> | si, estoy en 3ºo 4º | <i>Pasa a la pregunta 4.</i> |
|                       |                     |                              |
| <input type="radio"/> | no                  | <i>Pasa a la pregunta 5.</i> |

#### 1ESO

2. He visto los vídeos tutoriales del programa de *Screencasting* para Inkscape \* Marca solo un óvalo.

- |                       |   |                               |
|-----------------------|---|-------------------------------|
| <input type="radio"/> | No los conozco  | <i>Pasa a la pregunta 6.</i>  |
| <input type="radio"/> | Algunos, no todos                                     | <i>Pasa a la pregunta 12.</i> |
| <input type="radio"/> |   |                               |
| <input type="radio"/> | Los he seguido en clase con mi profesor/a de Plástica | <i>Pasa a la pregunta 12.</i> |
| <input type="radio"/> | Los he seguido por mi cuenta                          | <i>Pasa a la pregunta 12.</i> |

*Pasa a la pregunta 2.*

#### 2 ESO

3. He visto los vídeos tutoriales del programa de *Screencasting* para Inkscape \* Marca solo un óvalo.

- |                       |   |                               |
|-----------------------|---|-------------------------------|
| <input type="radio"/> | No los conozco  | <i>Pasa a la pregunta 18.</i> |
| <input type="radio"/> | Algunos, no todos                                     | <i>Pasa a la pregunta 24.</i> |
| <input type="radio"/> |   |                               |
| <input type="radio"/> | Los he seguido en clase con mi profesor/a de Plástica | <i>Pasa a la pregunta 24.</i> |
| <input type="radio"/> | Los he seguido por mi cuenta                          | <i>Pasa a la pregunta 24.</i> |

*Pasa a la pregunta 3.*

#### 3-4 ESO

4. He visto los vídeos tutoriales del programa de *Screencasting* para Inkscape \* Marca solo un óvalo.

- |                       |   |                               |
|-----------------------|---|-------------------------------|
| <input type="radio"/> | No los conozco  | <i>Pasa a la pregunta 30.</i> |
| <input type="radio"/> | Algunos, no todos                                     | <i>Pasa a la pregunta 36.</i> |
| <input type="radio"/> |   |                               |
| <input type="radio"/> | Los he seguido en clase con mi profesor/a de Plástica | <i>Pasa a la pregunta 36.</i> |
| <input type="radio"/> | Los he seguido por mi cuenta                          | <i>Pasa a la pregunta 36.</i> |

*Pasa a la pregunta 4.*

## No soy alumno de la ESO

5. He visto los vídeos tutoriales del programa de Screencasting para Inkscape \* Marca solo un óvalo.

☐

No los conozco

Deja de rellenar este formulario.

☐

Algunos, no todos

Pasa a la pregunta 42.

☐

Los he seguido todos por mi cuenta

Pasa a la pregunta 42.

Pasa a la pregunta 5.

## 1 ESO (ctr)

Eres un alumno de 1º de la ESO que no ha visto tutoriales de Inkscape, por favor contesta a las siguientes preguntas y tareas de forma veraz.

6 **Instalación \***

Tengo instalado Inkscape en el ordenador que más uso *Marca solo un óvalo.*

☐

No

☐

Sí

7. **Software libre \***

Un programa de código abierto es: *Marca solo un óvalo.*

☐

Cualquiera que sea gratuito

☐

Aquel que permite cambiar el código y repartirlo a cualquiera con cualquier propósito.

☐

No lo sé.

8. **Vectorial**

Un editor de gráficos vectoriales es: *Marca solo un óvalo.*

☐

Una aplicación informática que permite dibujar en la pantalla del ordenador usando objetos geométricos

☐

Un programa para retocar fotografías

☐

No lo sé.

9. **videotutorial \***

Ve online y encuentra un videotutorial en español para Inkscape que te parezca interesante y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

10. **Formatos \***

Ve online y encuentra una imagen que puedas importar en Inkscape y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.



---

---

---

---

---

**11. Dibujar \***

Ve a <https://vectr.com/> y haz un dibujo. Expórtalo y pega aquí el link. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

*Deja de rellenar este formulario.*

## 1 ESO (pt)

Eres un alumno de 1º de la ESO que ha visto tutoriales de Inkscape, por favor contesta a las siguientes preguntas y tareas de forma veraz.

**12. Instalación \***

Tengo instalado Inkscape en el ordenador que más uso *Marca solo un óvalo.*

- ☐ No  
☐ Sí

**13 Software libre \***

Un programa de código abierto es: *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Cualquiera que sea gratuito  
☐ Aquel que permite cambiar el código y repartirlo a cualquiera con cualquier propósito.  
☐ No lo sé.

**14. Vectorial**

Un editor de gráficos vectoriales es: *marca solo un óvalo.*

- ☐ Una aplicación informática que permite dibujar en la pantalla del ordenador usando objetos geométricos  
☐ Un programa para retocar fotografías  
☐ No lo sé.

**15. Videotutorial \***

Ve online y encuentra un videotutorial en español para Inkscape que te parezca interesante y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

**16. Formatos \***

Ve online y encuentra una imagen que puedas importar en Inkscape y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

**17. Dibujar \***

Ve a <https://vectr.com/> y haz un dibujo. Expórtalo y pega aquí el link. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

*Deja de rellenar este formulario.*

## 2 ESO (ctr)

Eres un alumno de 2º de la ESO que no ha visto tutoriales de Inkscape, por favor contesta a las siguientes preguntas y tareas de forma veraz.

**18. Instalación \***

Tengo instalado Inkscape en el ordenador que más uso *Marca solo un óvalo.*

- ☐ No  
☐ Sí

**19. Software libre \***

Un programa de código abierto es: *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Cualquiera que sea gratuito  
☐ Aquel que permite cambiar el código y repartirlo a cualquiera con cualquier propósito.  
☐ No lo sé.

**20 Vectorial**

Un editor de gráficos vectoriales es: *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Una aplicación informática que permite dibujar en la pantalla del ordenador usando objetos geométricos  
☐ Un programa para retocar fotografías  
☐ No lo sé.

**21. videotutorial \***

## IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL EN EL CURRÍCULO DE ARTES VISUALES EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

Ve online y encuentra un videotutorial en español para Inkscape que te parezca interesante y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

### 22. Formatos \*

Ve online y encuentra una imagen que puedas importar en Inkscape y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

### 23. Dibujar \*

Ve a <https://vectr.com/> y haz un dibujo. Expórtalo y pega aquí el link. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

*Deja de rellenar este formulario.*

## 2 ESO (pt)

Eres un alumno de 2º de la ESO que ha visto tutoriales de Inkscape, por favor contesta a las siguientes preguntas y tareas de forma veraz.

### 24. Instalación \*

Tengo instalado Inkscape en el ordenador que más uso *Marca solo un óvalo.*

- ☐ No  
☐ Sí

### 25. Software libre \*

Un programa de código abierto es: *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Cualquiera que sea gratuito  
☐ Aquel que permite cambiar el código y repartirlo a cualquiera con cualquier propósito.  
☐ No lo sé.

### 26. Vectorial

Un editor de gráficos vectoriales es: *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Una aplicación informática que permite dibujar en la pantalla del ordenador usando objetos geométricos  
☐ Un programa para retocar fotografías  
☐

No lo sé.

**27 videotutorial \***

Ve online y encuentra un videotutorial en español para Inkscape que te parezca interesante y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

**28. Formatos \***

Ve online y encuentra una imagen que puedas importar en Inkscape y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

**29. Dibujar \***

Ve a <https://vectr.com/> y haz un dibujo. Expórtalo y pega aquí el link. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

*Deja de rellenar este formulario.*

### 3-4 ESO (ctr)

Eres un alumno de 3º o 4º de la ESO que no ha visto tutoriales de Inkscape, por favor contesta a las siguientes preguntas y tareas de forma veraz.

**30. Instalación \***

Tengo instalado Inkscape en el ordenador que más uso *Marca solo un óvalo.*

- ☐ No  
☐ Sí

**31. Software libre \***

Un programa de código abierto es: *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Cualquiera que sea gratuito  
☐ Aquel que permite cambiar el código y repartirlo a cualquiera con cualquier propósito.  
☐ No lo sé.

**32. Vectorial**

Un editor de gráficos vectoriales es: *Marca solo un óvalo.*

## IMPACTO DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL EN EL CURRÍCULO DE ARTES VISUALES EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

☐ Una aplicación informática que permite dibujar en la pantalla del ordenador usando objetos geométricos

☐ Un programa para retocar fotografías No lo sé.

☐

### 33. Videotutorial \*

Ve online y encuentra un videotutorial en español para Inkscape que te parezca interesante y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

### 34 Formatos \*

Ve online y encuentra una imagen que puedas importar en Inkscape y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

### 35. Dibujar \*

Ve a <https://vectr.com/> y haz un dibujo. Expórtalo y pega aquí el link. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

*Deja de rellenar este formulario.*

## 3-4 ESO (pt)

Eres un alumno de 3º o 4º de la ESO que ha visto tutoriales de Inkscape, por favor contesta a las siguientes preguntas y tareas de forma veraz.

### 36. Instalación \*

Tengo instalado Inkscape en el ordenador que más uso *Marca solo un óvalo.*

☐ No

☐ Sí

### 37. Software libre \*

Un programa de código abierto es: *Marca solo un óvalo.*

☐ Cualquiera que sea gratuito

☐ Aquel que permite cambiar el código y repartirlo a cualquiera con cualquier propósito.

☐ No lo sé.

38. **Vectorial**

Un editor de gráficos vectoriales es: *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Una aplicación informática que permite dibujar en la pantalla del ordenador usando objetos geométricos
- ☐ Un programa para retocar fotografías
- ☐ No lo sé.

39. **videotutorial \***

Ve online y encuentra un videotutorial en español para Inkscape que te parezca interesante y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

40. **Formatos \***

Ve online y encuentra una imagen que puedas importar en Inkscape y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

41 **Dibujar \***

Ve a <https://vectr.com/> y haz un dibujo. Expórtalo y pega aquí el link. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

*Deja de rellenar este formulario.*

no ESO (ctr)

No eres un alumno de la ESO. Has visto tutoriales de Inkscape, por favor contesta a las siguientes preguntas y tareas de forma veraz.

42. **Instalación \***

Tengo instalado Inkscape en el ordenador que más uso *Marca solo un óvalo.*

- ☐ No
- ☐ Sí

43. **Software libre \***

Un programa de código abierto es: *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Cualquiera que sea gratuito
- ☐ Aquel que permite cambiar el código y repartirlo a cualquiera con cualquier propósito.
- ☐ No lo sé.

44. **Vectorial**

Un editor de gráficos vectoriales es: *Marca solo un óvalo.*

- ☐ Una aplicación informática que permite dibujar en la pantalla del ordenador usando objetos geométricos
- ☐ Un programa para retocar fotografías
- ☐ No lo sé.

45. **videotutorial \***

Ve online y encuentra un videotutorial en español para Inkscape que te parezca interesante y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

46. **Formatos \***

Ve online y encuentra una imagen que puedas importar en Inkscape y pega el link aquí. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

47. **Dibujar \***

Ve a <https://vectr.com/> y haz un dibujo. Expórtalo y pega aquí el link. Si no lo consigues explica cuál es la dificultad.

---

---

---

---

---

## Anexo 2: formulario de la encuesta de satisfacción

### Encuesta de satisfacción

Los datos de esta encuesta nos servirán para mejorar en el curso siguiente y ajustarnos a las necesidades que tras esta primera experiencia hayamos podido detectar.

\*Obligatorio

#### 1. Dirección de correo electrónico \*

---

#### 2. Participas con tus alumnos de \* Marca solo un óvalo.

- ☐ Primero de la ESO *Pasa a la pregunta 6.*
- ☐ Segundo de la ESO *Pasa a la pregunta 14.*
- ☐ Ambos *Pasa a la pregunta 2.*
- ☐ Otros *Pasa a la pregunta 4.*

*Empieza este formulario.*

### 1º y 2º ESO

Has participado con alumnos de los dos cursos de la ESO y usado las dos listas de vídeos tutoriales

#### 3. Indica en qué categorías has detectado problemas o necesidad de mejora: *Selecciona todos los que correspondan.*

	Imagen	Sonido	Duración	Explicaciones	Interesante para el alumno	Ajustado al currículum	Otra
Primero ESO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Segundo ESO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### 4. Por favor, indica los problemas o necesidades que crees que obligan a rediseñar los materiales

---



---



---



---



---

*Pasa a la pregunta 22.*

### Mix alumnos ESO

Has participado con alumnos de los varios cursos de la ESO y usado los vídeos tutoriales

#### 5. Indica en qué categorías has detectado problemas o necesidad de mejora: *Selecciona todos los que correspondan.*



	Imagen	Sonido	Duración	Explicaciones	Interesante para el	Ajustado al curriculum	Otra alumno
Primero ESO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SEgundo ESO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Por favor, indica los problemas o necesidades que crees que obligan a rediseñar los materiales

---



---



---



---



---

Pasa a la pregunta 22.

## Primero de la ESO

Lista de tutoriales de la Pajarita nazarí.

7 La imagen de los tutoriales era

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
muy mala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	muy buena

8 El sonido era

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
muy mala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	muy bueno

9. La duración de los capítulos era Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy corta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy larga

10. Las explicaciones resultaban

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Suficientes
- ☐ Escasas
- ☐ Claras y comprensibles
- ☐ Confusas
- ☐ Otro: \_\_\_\_\_

11. Los capítulos eran

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Aburridos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Dinámicos

12. Los temas tratados se ajustan al currículum

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Completamente

13. Los temas escogidos son interesantes para los alumnos Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho

14. Por favor indica carencias o necesidades que crees que es necesario abordar en el futuro al rediseñar los materiales.

---



---



---



---



---

Pasa a la pregunta 22.

## Segundo de la ESO

Lista de tutoriales de la Pajarita nazarí.

15 La imagen de los tutoriales era

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
muy mala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	muy buena

16 El sonido era

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
muy mala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	muy bueno

17. La duración de los capítulos era Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy corta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muy larga

18. Las explicaciones resultaban

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Suficientes  
☐ Escasas  
☐ Claras y comprensibles  
☐ Confusas  
☐ Otro: \_\_\_\_\_

19. Los capítulos eran

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Aburridos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Dinámicos

20. Los temas tratados se ajustan al curriculum

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Completamente

21. Los temas escogidos son interesantes para los alumnos Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mucho

22. Por favor indica carencias o necesidades que crees que es necesario abordar en el futuro al rediseñar los materiales.

---

---

---

---

---

Pasa a la pregunta 22.

De cara al curso 2018/19

23. Volveré a participar en el Proyecto

Marca solo un óvalo.

- ☐ Sí  
☐ No  
☐ Tal vez

24. ¿Es que se forme un grupo de trabajo acreditado por el Ministerio de Educación para el curso que viene un motivo para tu participación?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Si  
☐ No

25 Si continuamos haciendo materiales con esta técnica para la asignatura que impartes, ¿Qué temas te gustaría que tratásemos?

---

---

---

---

---

## Anexo 3: formulario de participación

### Proyecto de *Screencasting*

Encuesta inicial

\*Obligatorio

1. Dirección de correo electrónico \*

---

2. Nombre \*

---

3. Apellidos \*

---

4. Instituto / Colegio \*

---

5. Correo electrónico que usas en este proyecto \*

---

6. ¿Tienes alumnos de 1º de ESO en la asignatura de EPV este curso 2017/18? \*

Marca solo un óvalo.

☐ Sí  
☐ No

7. ¿Cuántos grupos de alumnos de 1º de ESO en la asignatura de EPV tienes este curso 2017/18?\*

---

8. ¿Cuántos alumnos de 1º de ESO en la asignatura de EPV tienes este curso 2017/18? \*

---

9. ¿Impartes la asignatura de EPV en 1º de la ESO en inglés como parte de un programa bilingüe?\*

Marca solo un óvalo.

☐ Sí  
☐ No

10. ¿Tienes alumnos de 2º de ESO en la asignatura de EPV este curso 2017/18? \*

Marca solo un óvalo.

☐ Sí  
☐ No

11. ¿Cuántos grupos de alumnos de 2º de ESO en la asignatura de EPV tienes este curso 2017/18?\*

---

12. ¿Cuántos alumnos de 2º de ESO en la asignatura de EPV tienes este curso 2017/18? \*

---

13. ¿Utilizas internet para comunicarte con tus alumnos? \*

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI  
☐ NO

14. ¿Recibes documentos de tus alumnos a través de internet? \*

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI  
☐ NO

15. ¿Cuáles de los siguientes usos de internet has incorporado alguna vez a tu práctica docente? \*

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Blog personal  
☐ Plataforma moodle (Educamadrid u otra)  
☐ Canal de Youtube  
☐ Apps educativas de Google  
☐ Otro: \_\_\_\_\_

16. ¿Dispones en el centro de dispositivos conectados a internet que puedan estar disponibles para tí y tus alumnos? \*

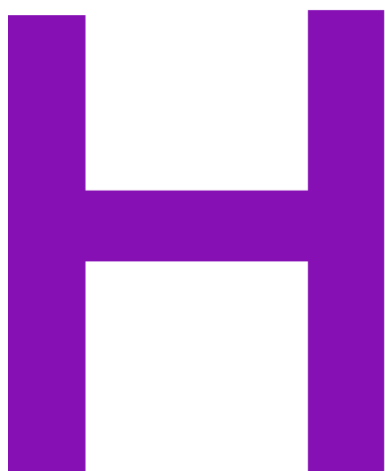
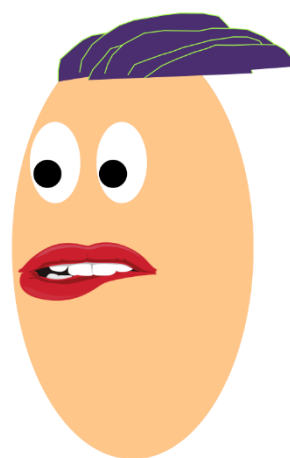
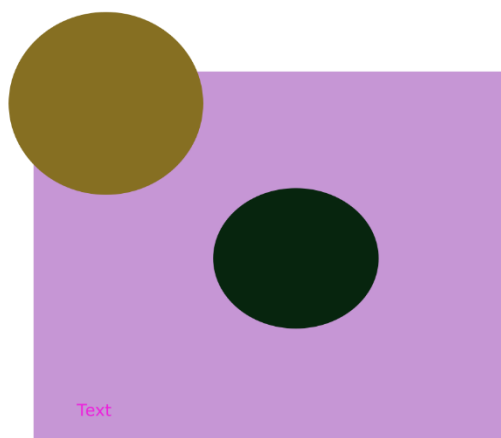
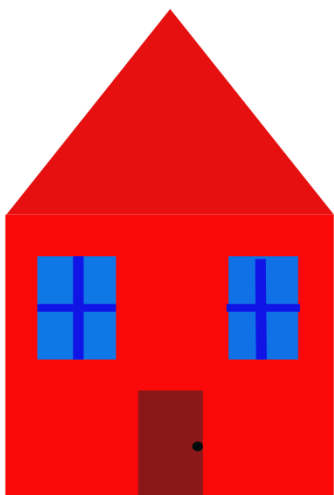
Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ En la biblioteca (algunos ordenadores accesibles en horario fijo durante el curso)  
☐ En sala de ordenadores (al menos un ordenador para cada dos alumnos en horario asignado)  
☐ En el aula (un puesto de trabajo por alumno en muchas asignaturas)  
☐ Personales (cada alumno tiene una tableta)  
☐ Otro: \_\_\_\_\_

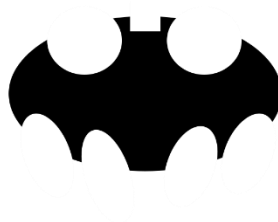
☐ Recibir una copia de mis respuestas

---

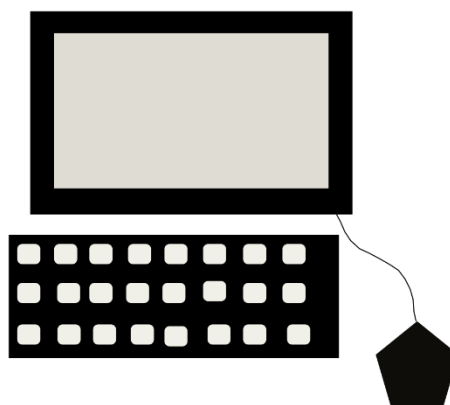
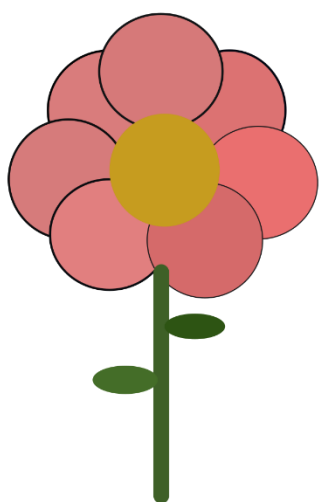
## Anexo4: Dibujos recibidos como respuesta durante la fase experimental

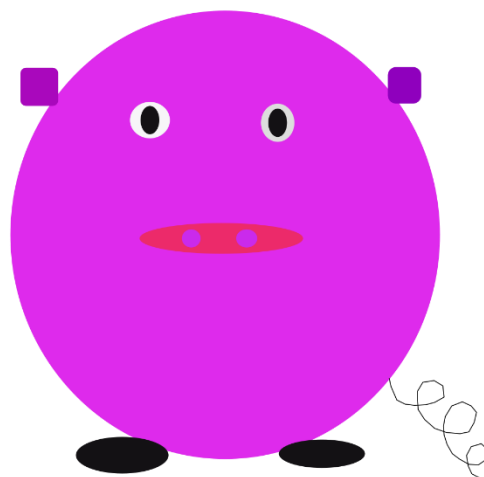
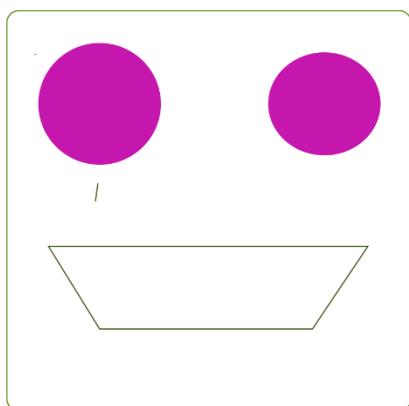
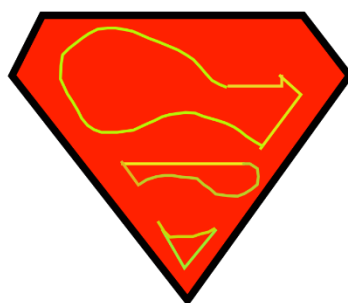
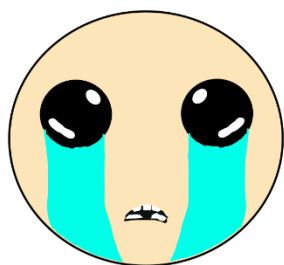
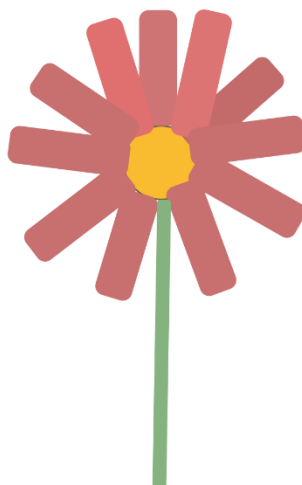
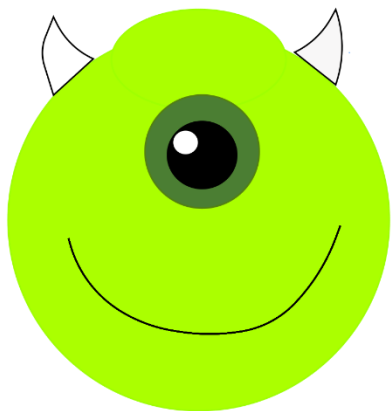


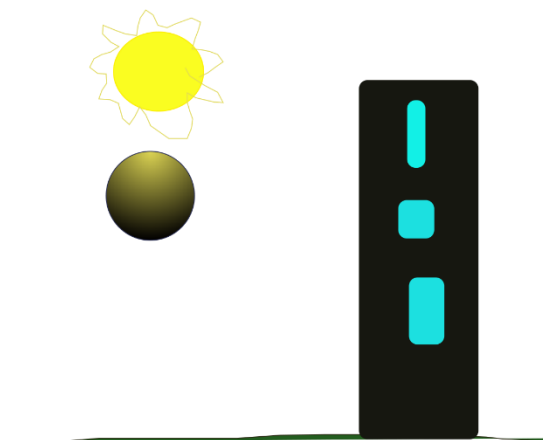
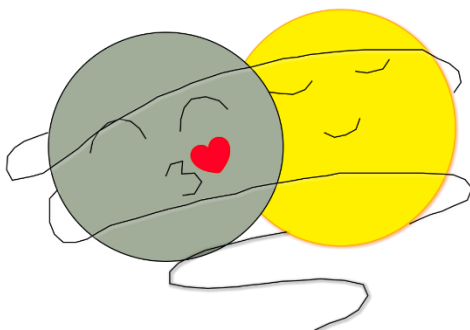
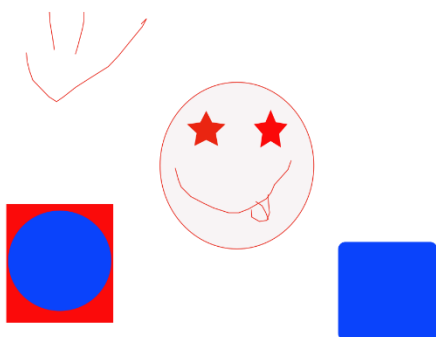
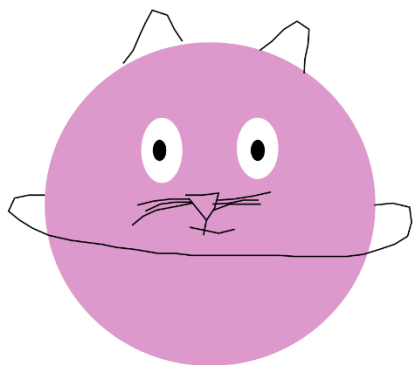


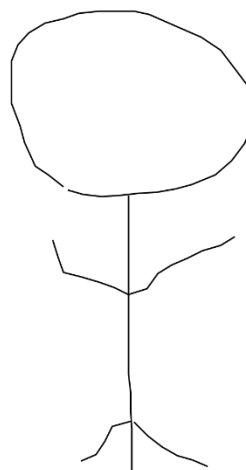
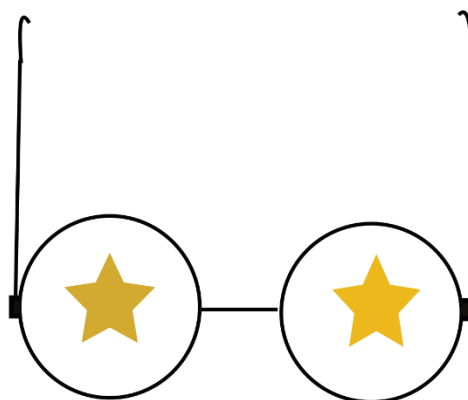
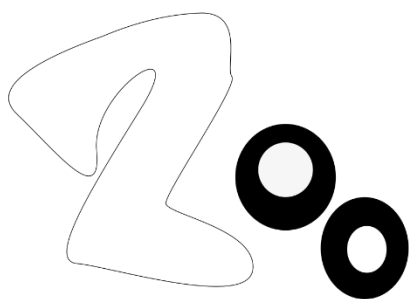
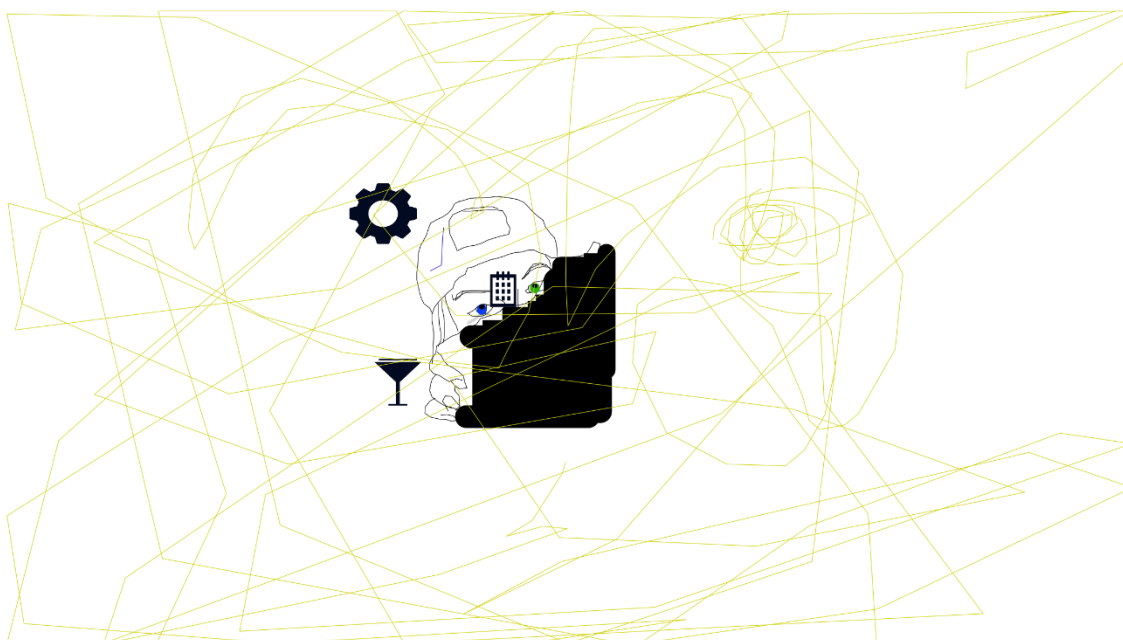


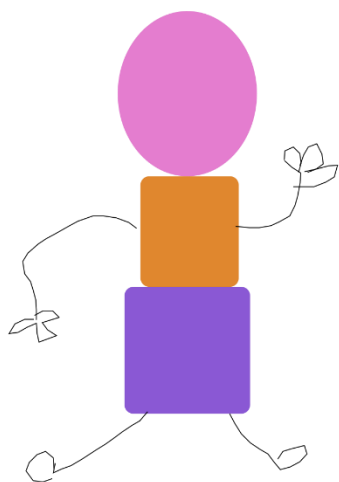
YOUTUBE







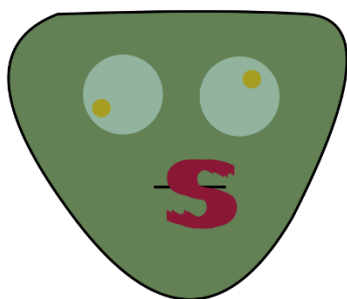
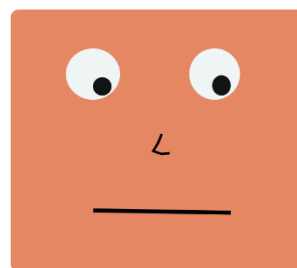


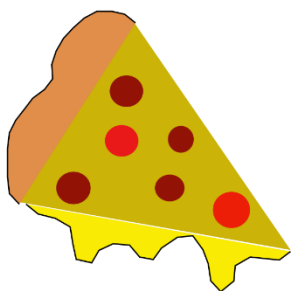
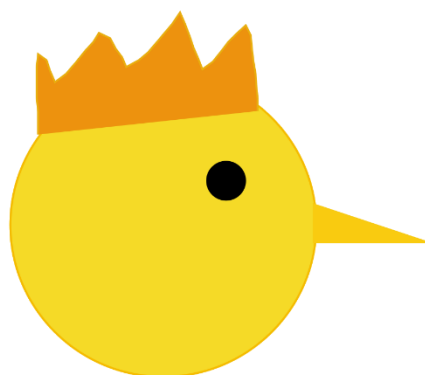
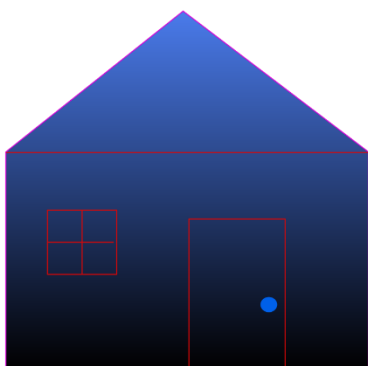
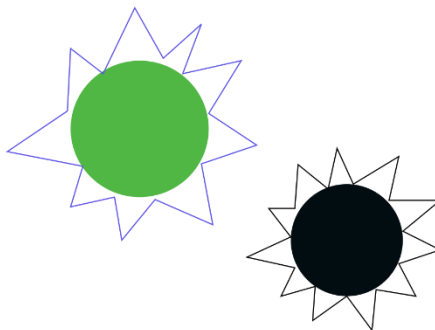
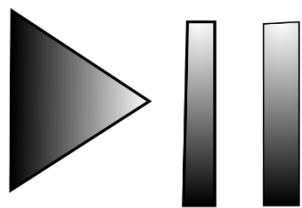


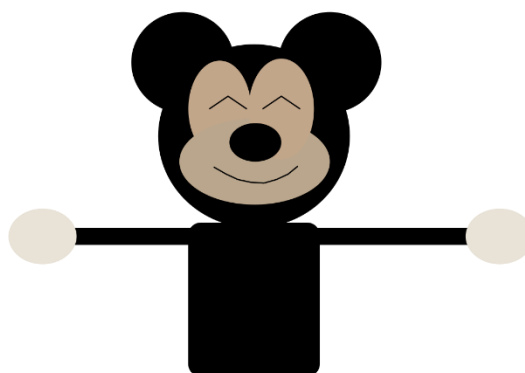
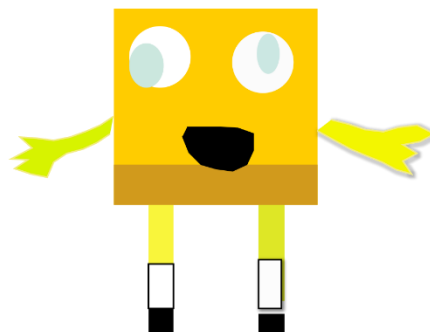
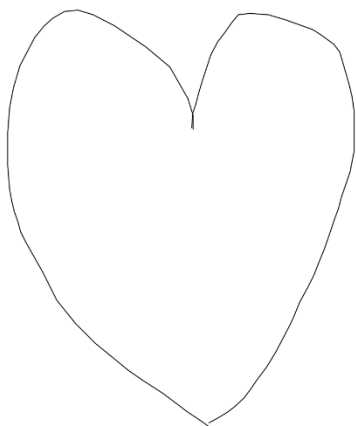
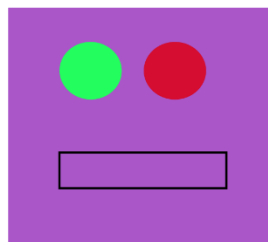
P

A

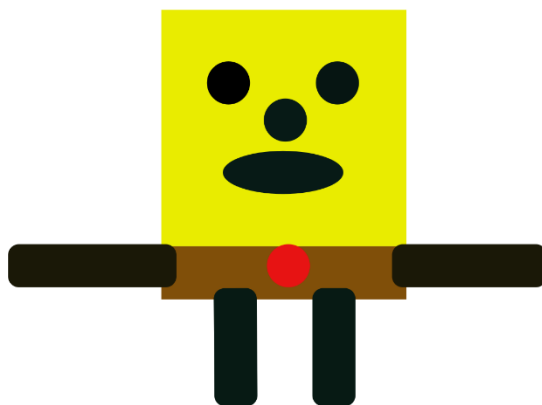
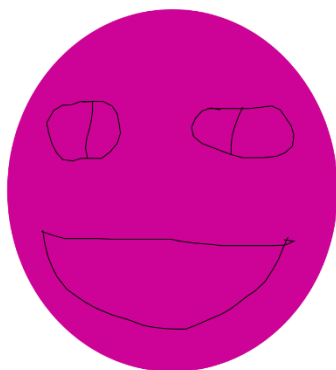
Z



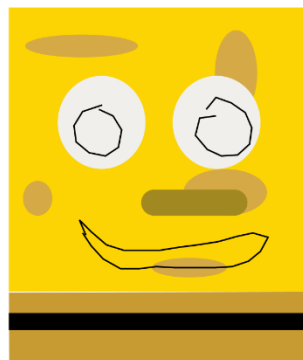
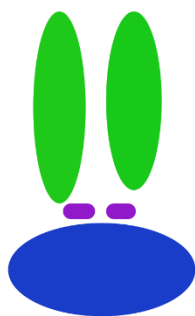




Text

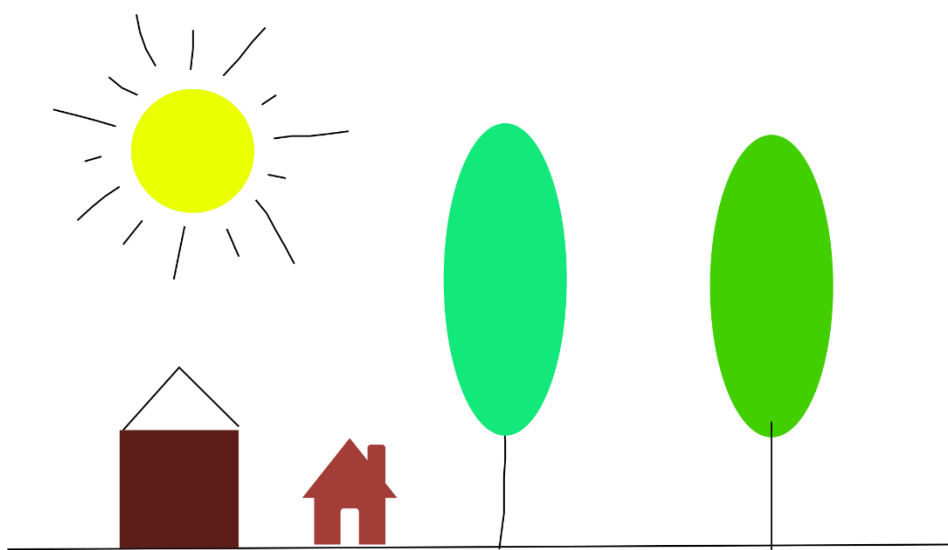
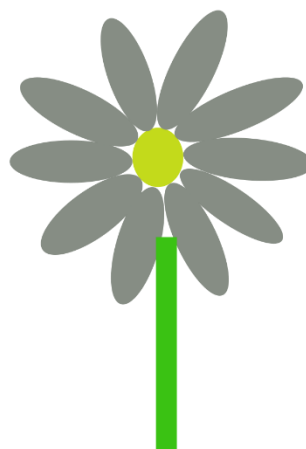


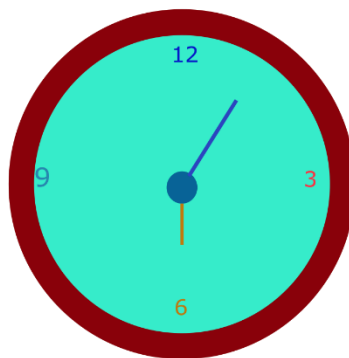
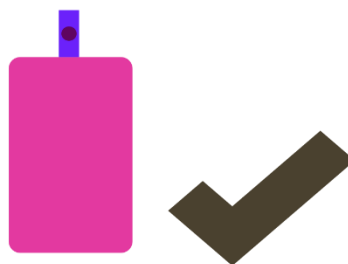
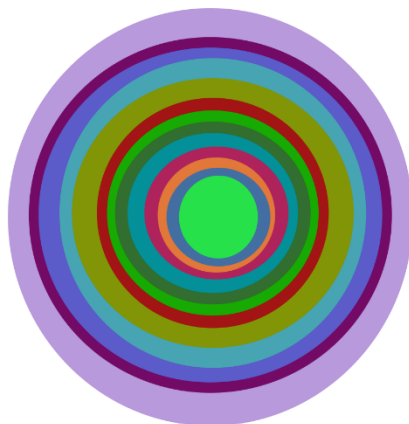
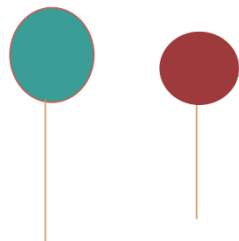
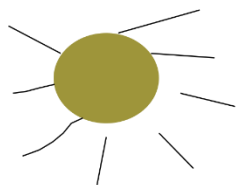
Text

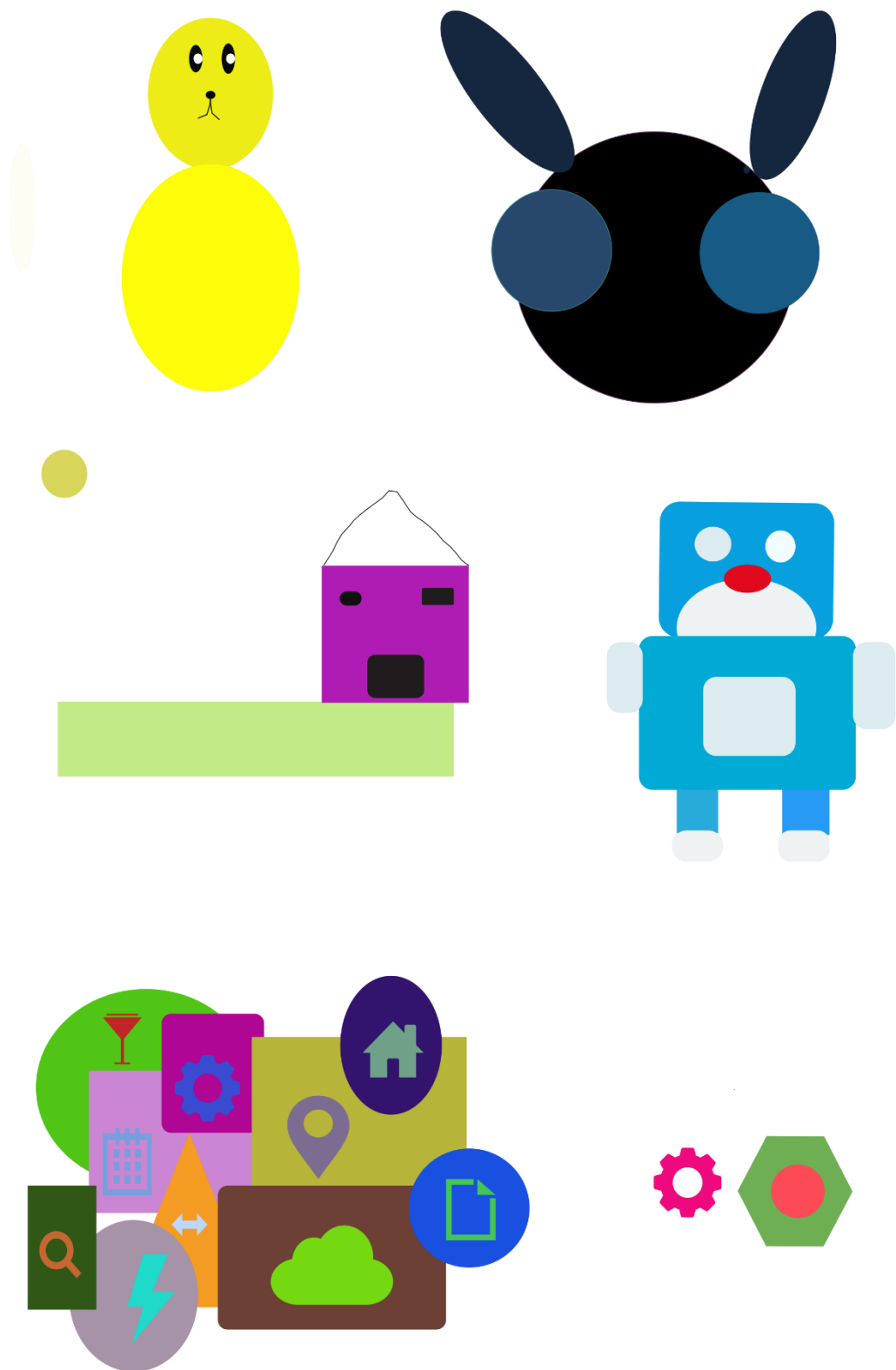


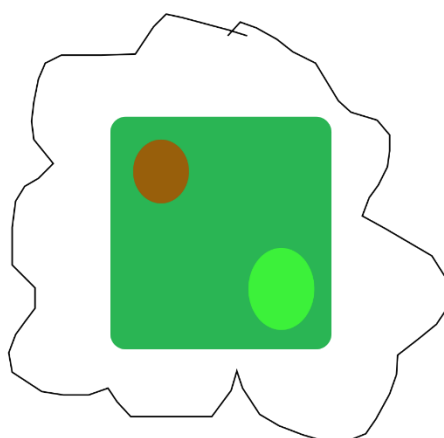
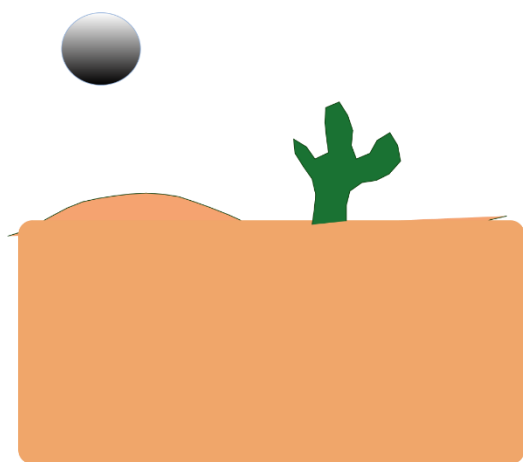
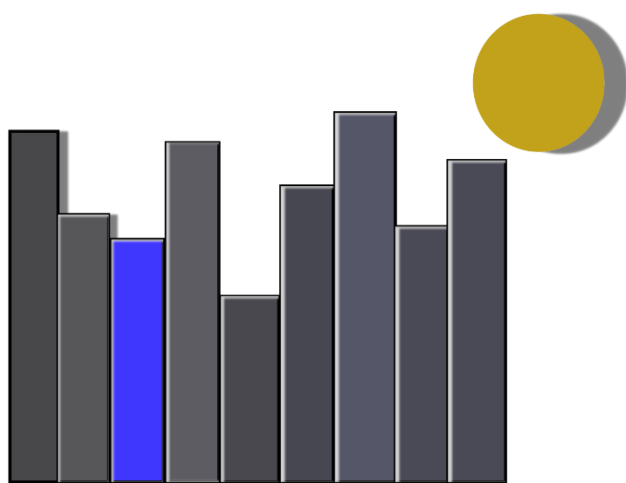
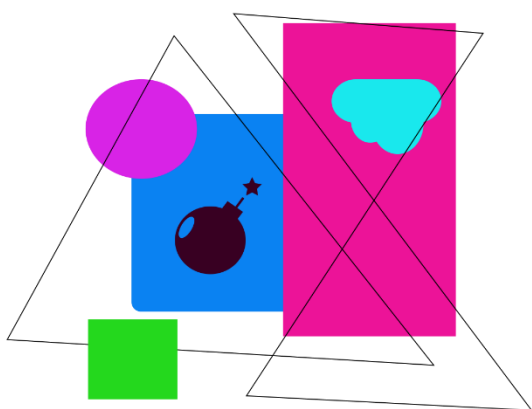
0

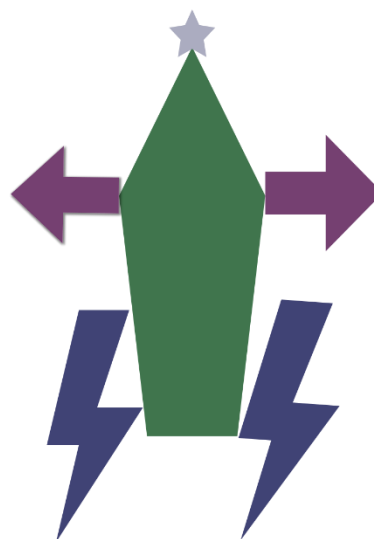
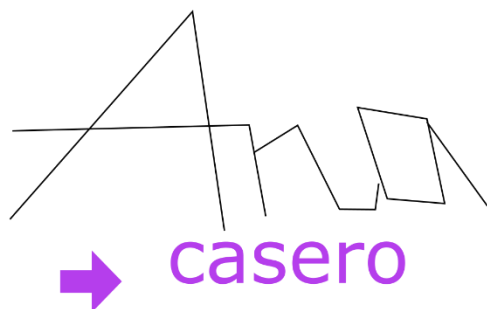
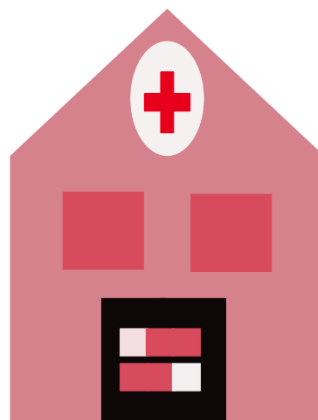


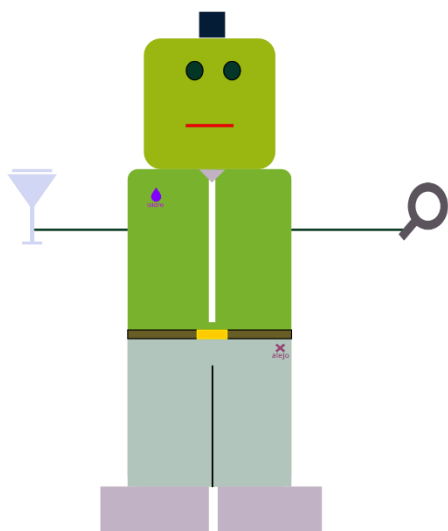
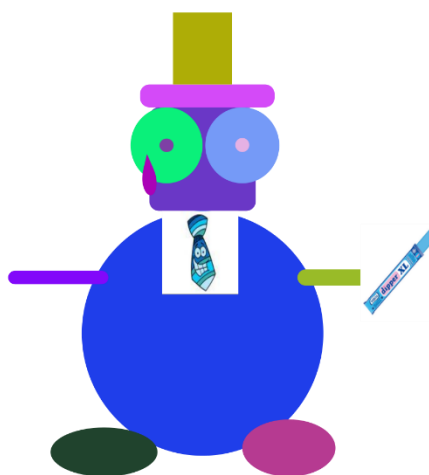
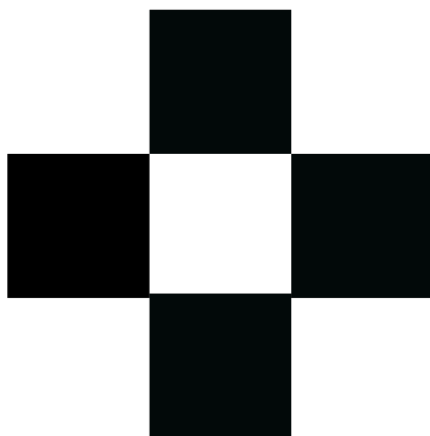


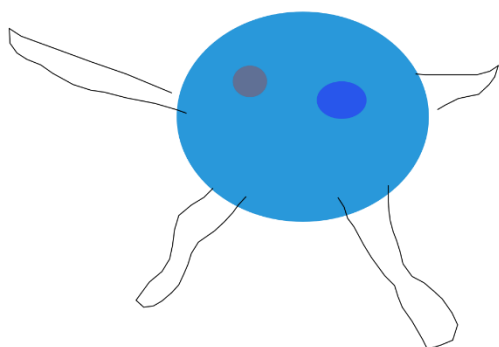
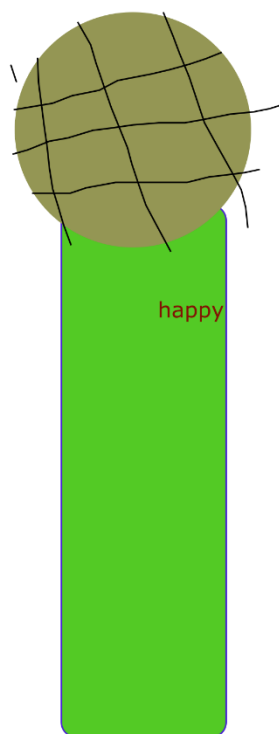
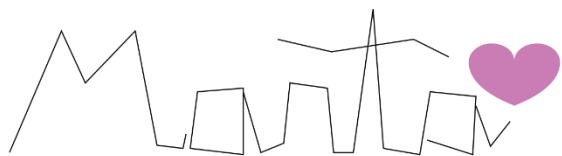


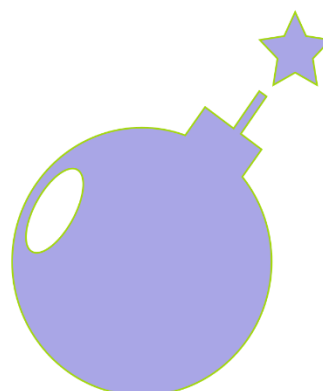
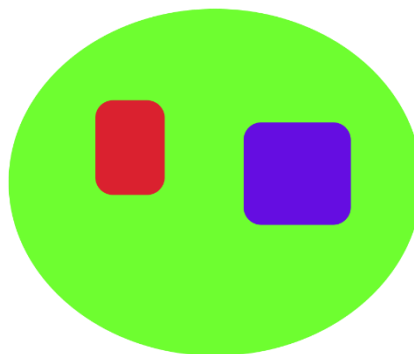




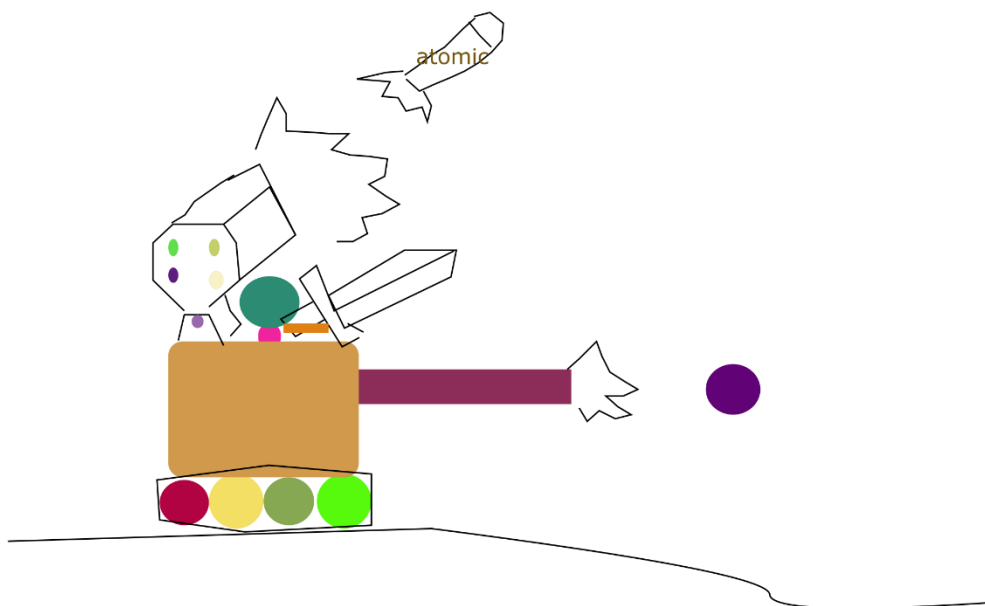
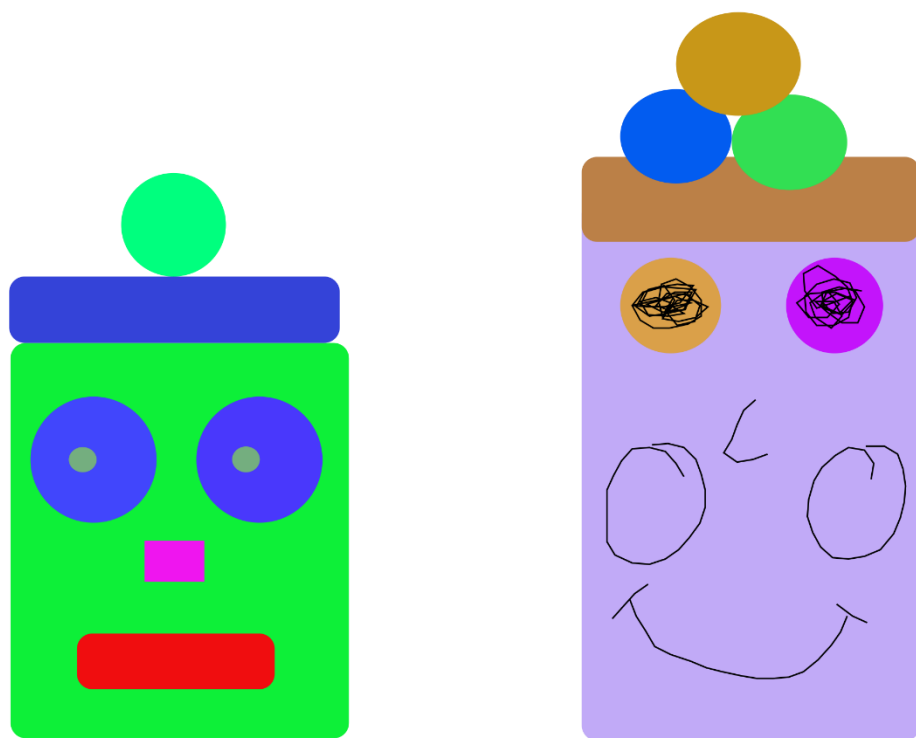


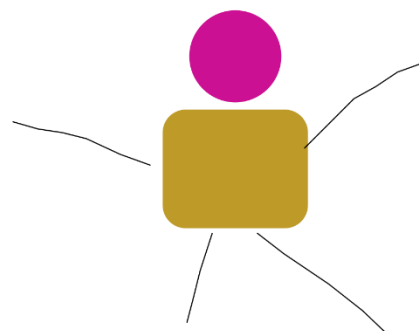
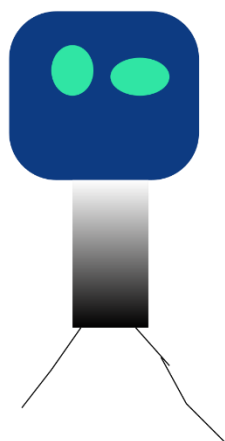
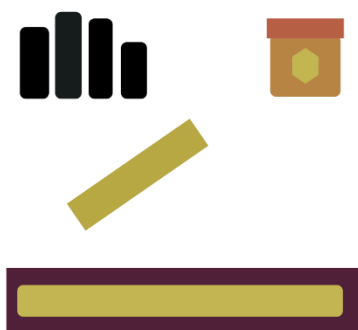
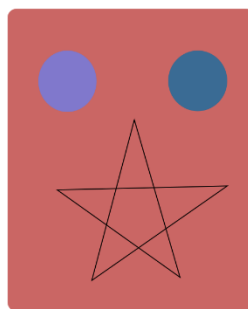


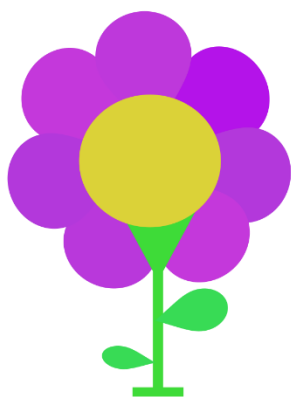
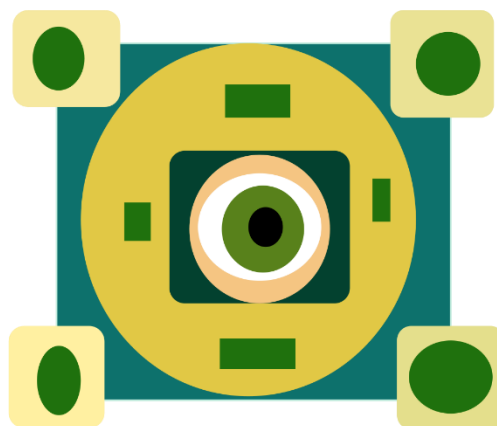


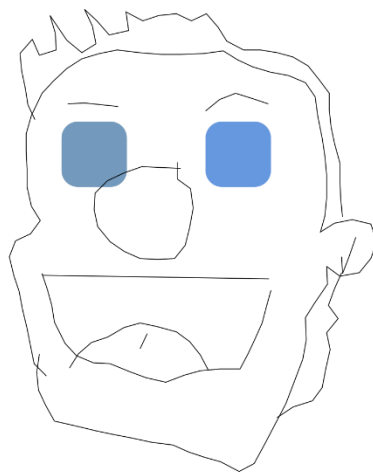
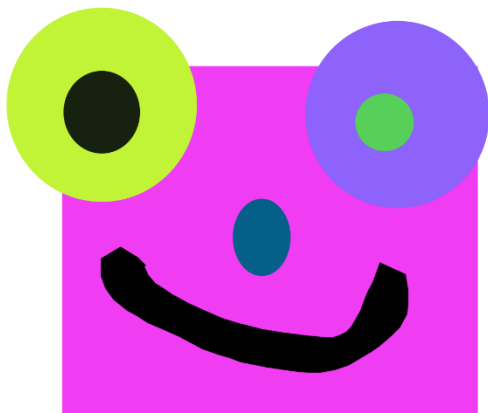
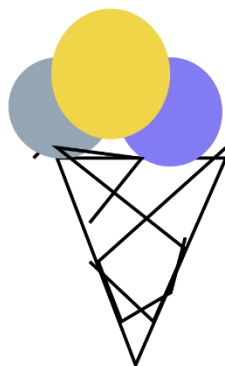


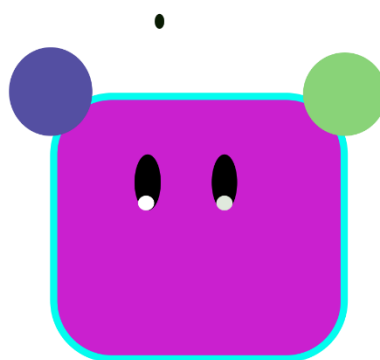
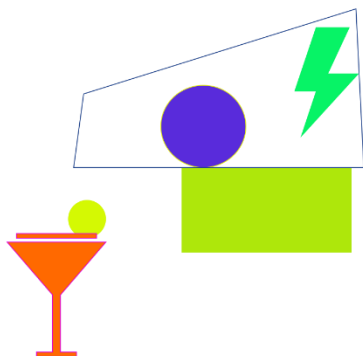
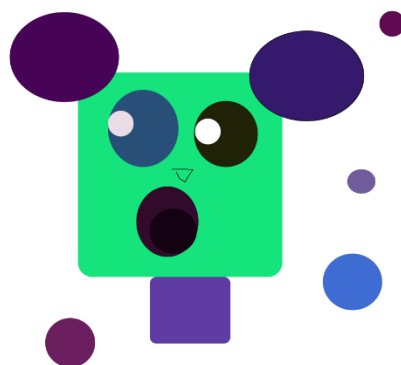
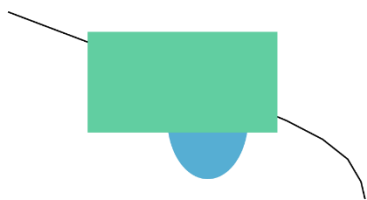


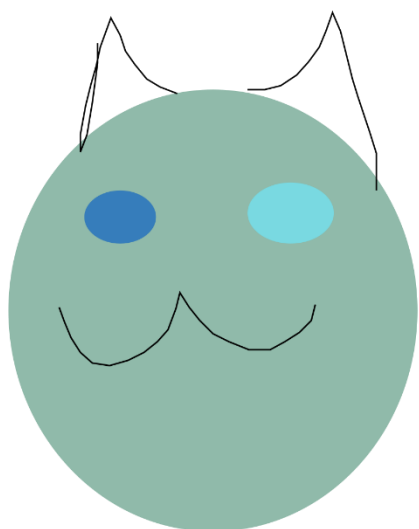
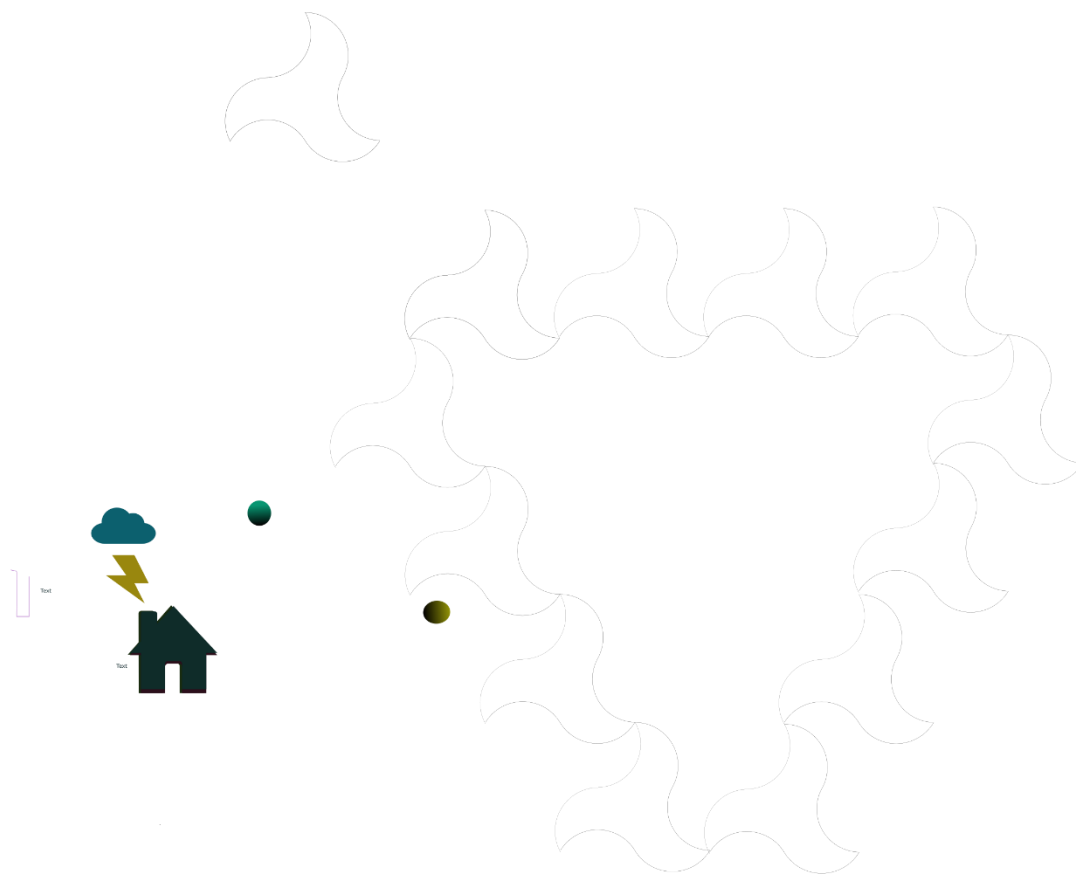


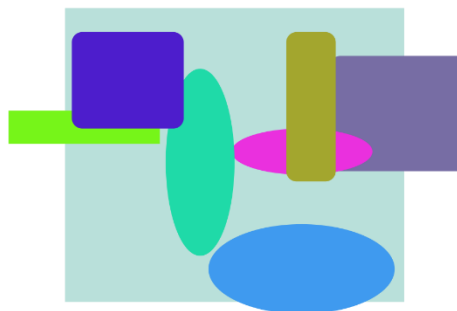
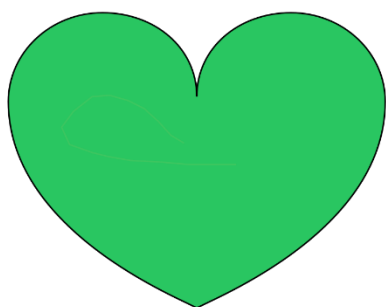
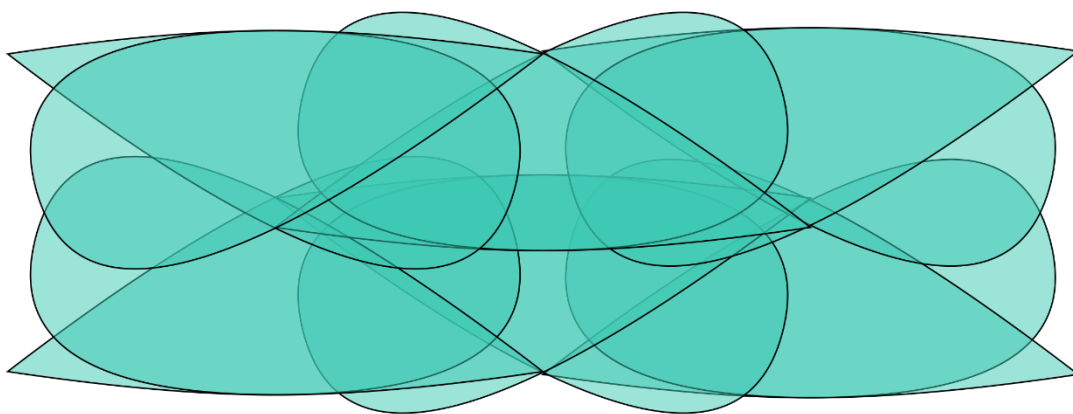
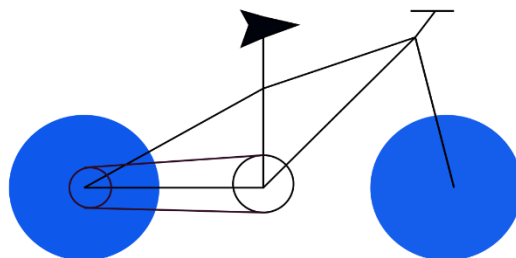
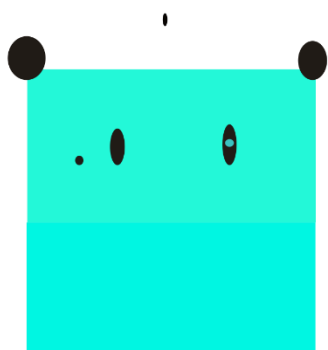


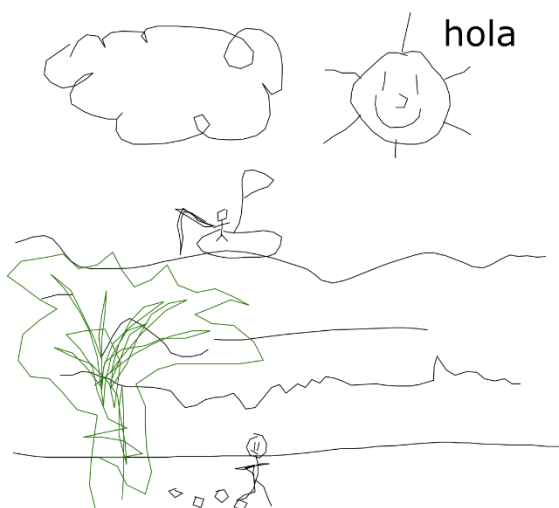
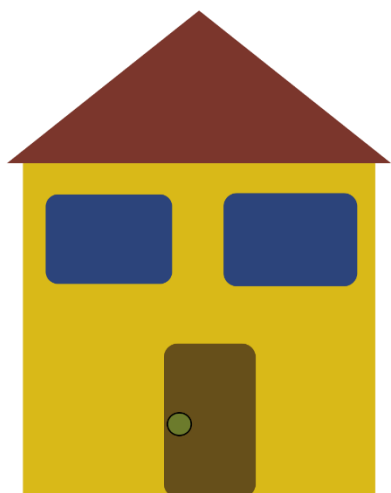
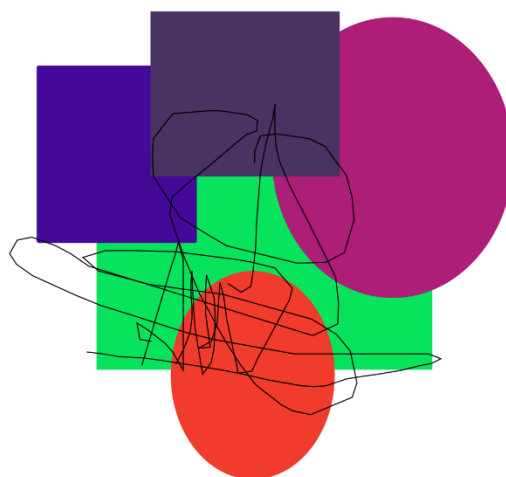
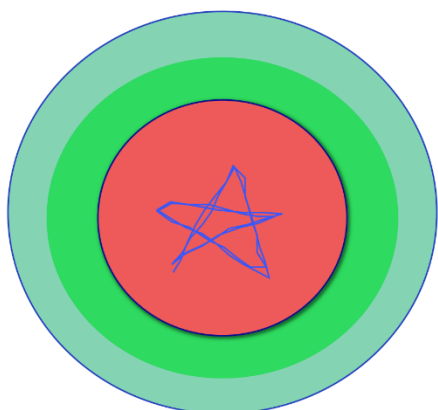




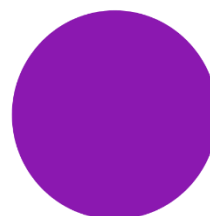
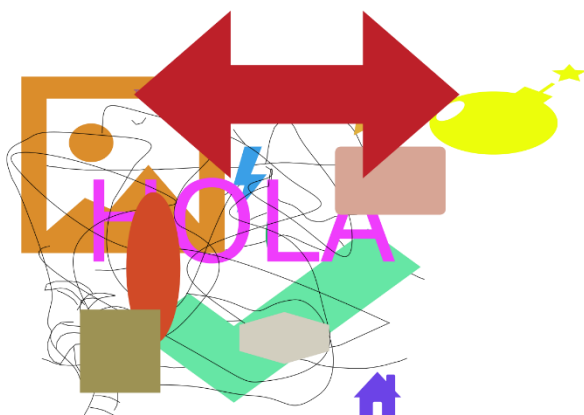
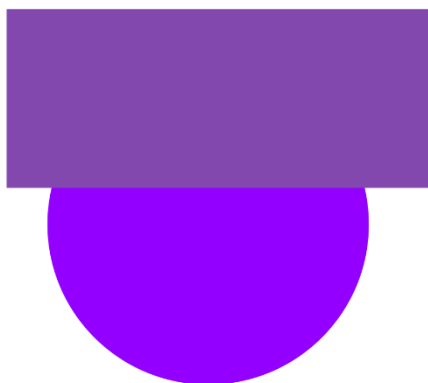
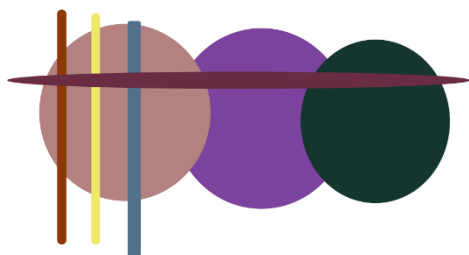


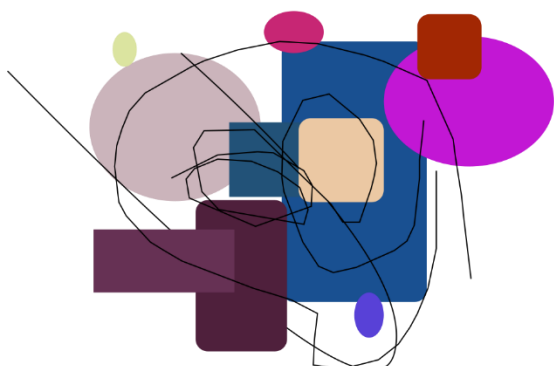
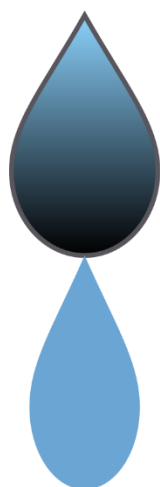
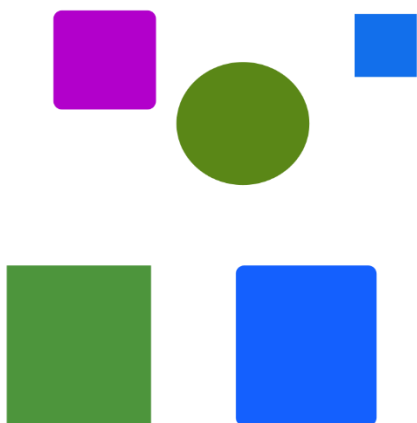


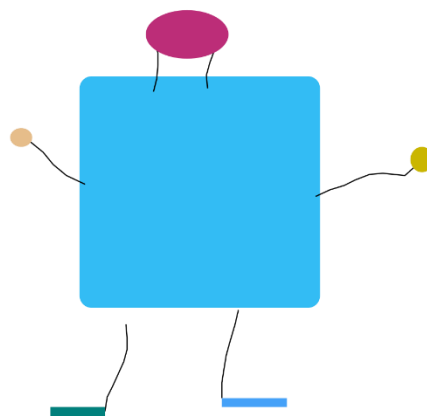
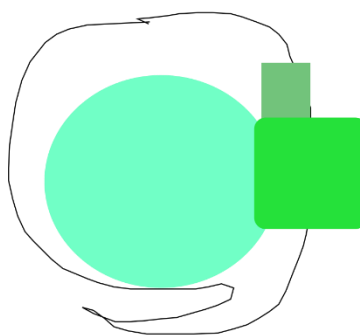
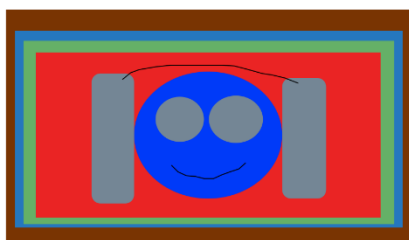
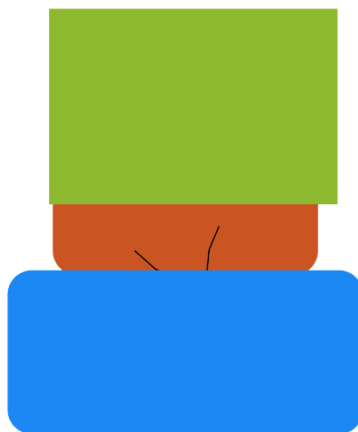
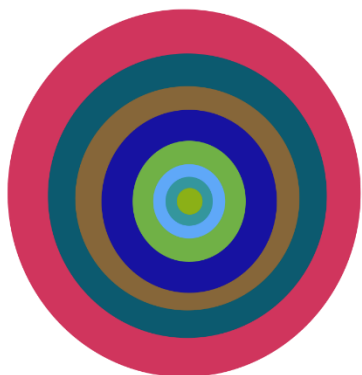


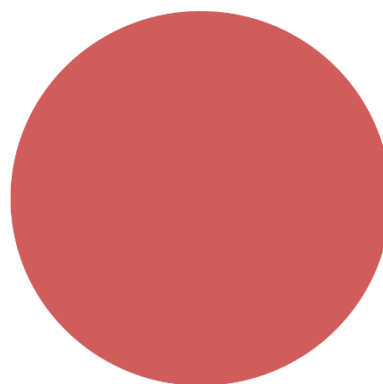
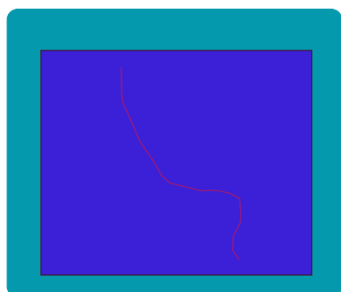
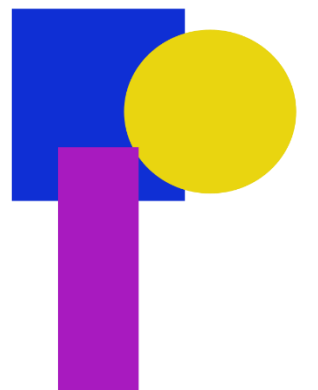
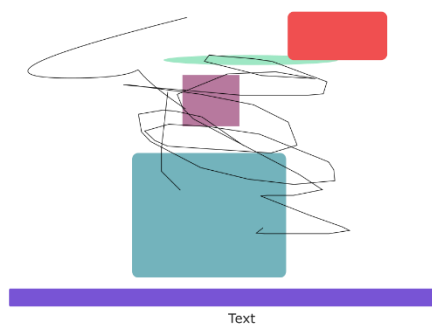


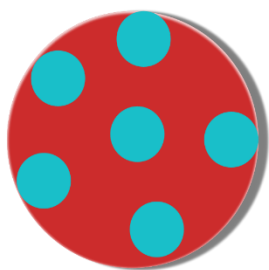
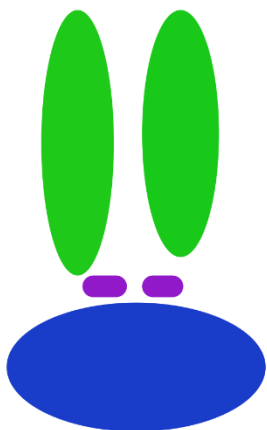
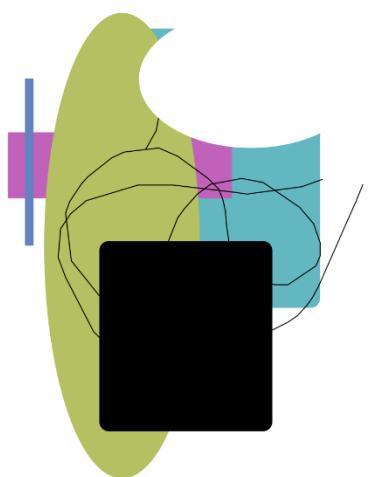


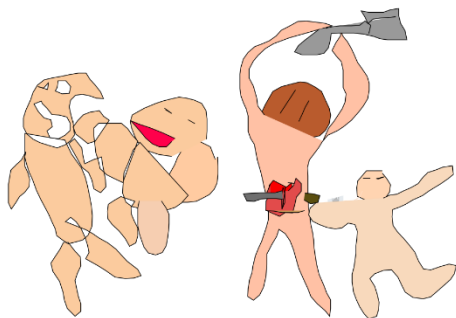




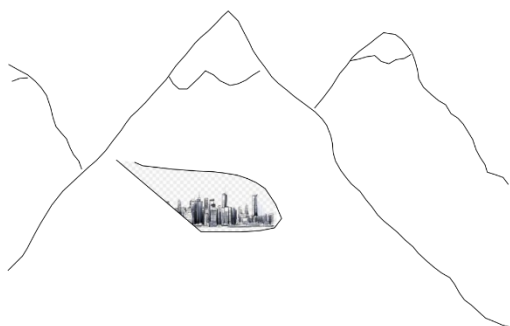
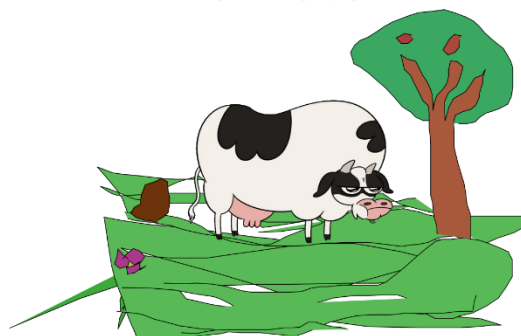


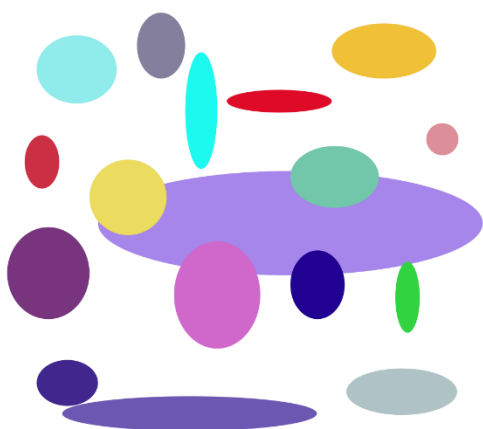
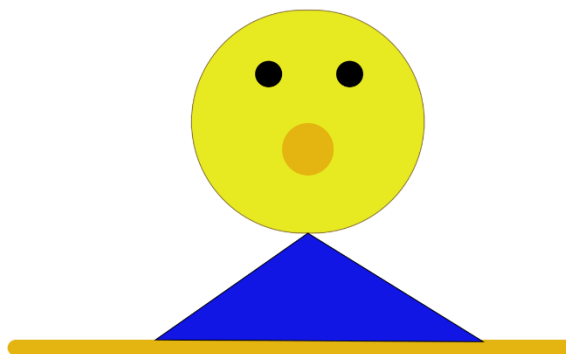
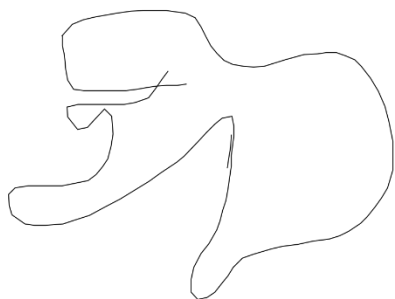


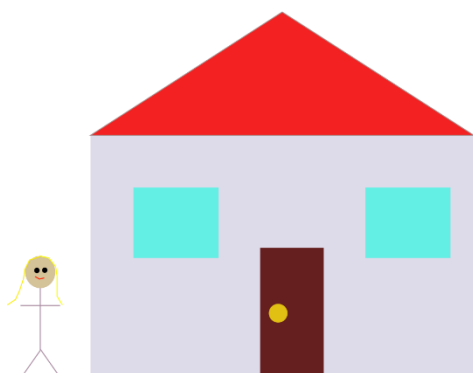
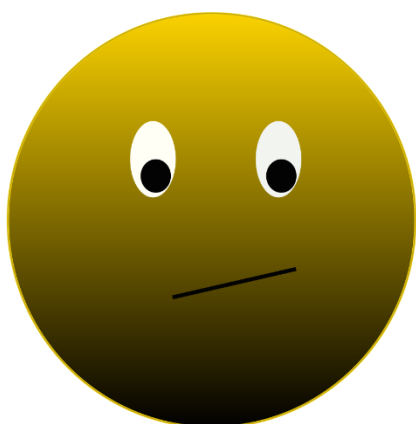
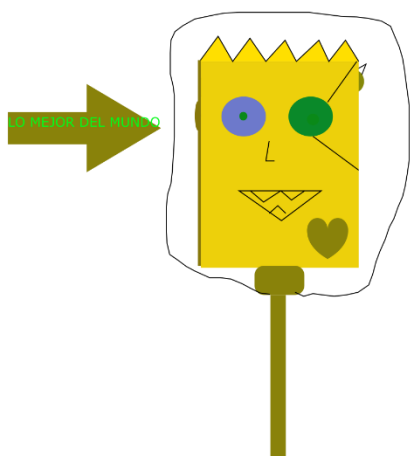




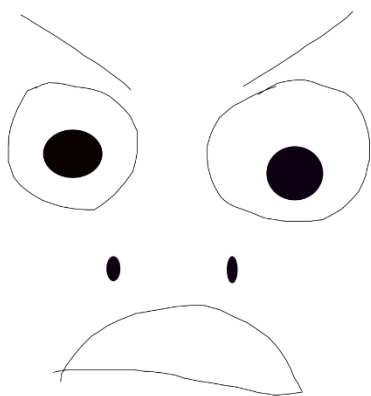
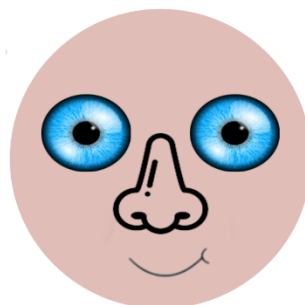
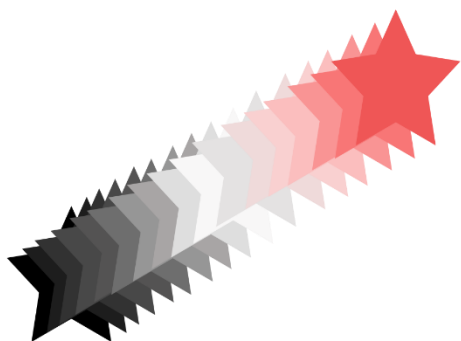
La vaca





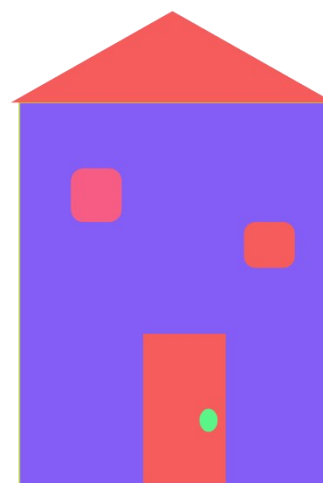
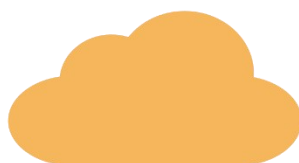
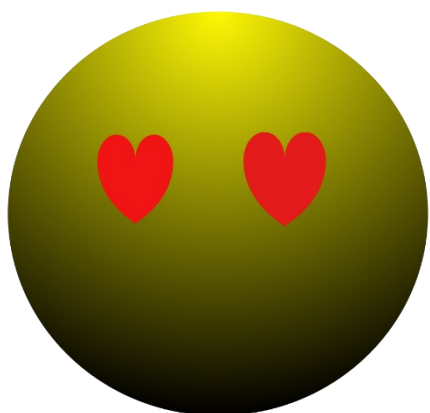


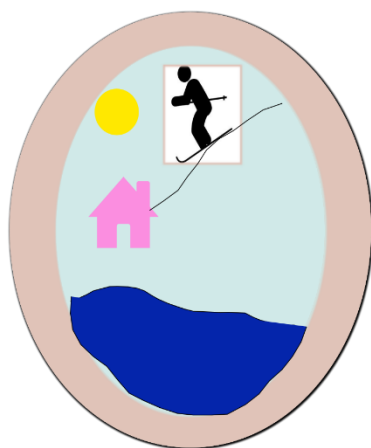




encuentra la  
igualdad esta  
abajo







## RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL

### Impacto de la tecnología digital en el currículo de Artes Visuales en la Educación Secundaria Obligatoria

#### Introducción

La presente tesis se escribe en un momento cultural de mudanza que tiene su origen en el cambio tecnológico desencadenado por el uso masivo de internet. En este contexto prestamos atención a la creciente disonancia entre el campo profesional y el currículo institucional en cuanto a las técnicas de producción de imagen. Centradas en la asignatura de Educación Plástica y Visual de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Madrid acotamos variables y tratamos de estudiar el fenómeno para llegar a conclusiones que nos permitan elaborar recomendaciones.

#### Objetivos

##### Objetivos generales

- Describir el impacto de las tecnologías digitales sobre las enseñanzas artísticas visuales en la educación secundaria, tanto como medios de instrucción generales como en su uso específico y vehicular en las asignaturas y niveles concretos del reglamento actual (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2015).
- Identificar las bases del conocimiento en el campo de la imagen digital, centrándose en los aspectos geométricos.
- Elaborar un estudio cuantitativo con la participación de profesores de educación secundaria en activo y sus alumnos que permita caracterizar las propuestas y la metodología de instrucción utilizada.

##### Objetivos específicos

- Proponer y evaluar materiales pedagógicos que integren las nuevas técnicas digitales tanto de instrucción como instrumentales y que se adapten constructivamente a la actual situación de las escuelas de educación secundaria de Madrid y sus posibilidades.

- Identificar las causas de la lenta adopción en las escuelas de las nuevas técnicas en el campo del dibujo, en especial de la geometría.
- Cuantificar las posibles barreras culturales y tecnológicas como factores que previenen el uso de los gráficos vectoriales como herramienta vehicular de instrucción del dibujo y la geometría.
- Proponer políticas y cambios basados en evidencia para la mejora y actualización del currículo de la asignatura de Educación Plástica y Visual de la Educación Secundaria Obligatoria

### Estado de la cuestión

En el capítulo 2 de la presente tesis nos ocupamos de contextualizar el estado de la cuestión en torno al tema de estudio propuesto, el impacto de las tecnologías digitales en el currículo de artes visuales en la ESO.

En un primer acercamiento en clave de recorrido histórico nos acercamos a los conceptos de reforma escolar, de geometría digital y a la investigación educativa en torno a ella, así como al currículo artístico de la ESO.

En la segunda parte abordamos el estado actual del campo de conocimiento, señalando las más importantes tendencias globales y locales que repercuten en la relación entre tecnología digital e instrucción artística en la educación secundaria.

### Fase experimental

En la fase experimental del presente estudio se llevó a cabo, con colaboración de profesoras de secundaria en activo, una propuesta didáctica en torno al uso de gráficos vectoriales con el *screencasting* como medio de instrucción.

Se presentan los materiales didácticos utilizados y se describe el experimento realizado siguiendo el formato de comunicación científica. El contenido de este capítulo ha sido aceptado para su publicación en la revista especializada *Research of Learning Technologies*.

## Resultados

A partir de los datos recogidos podemos confirmar que tanto las definiciones de conceptos abstractos como las habilidades de uso de las herramientas se transmitieron con éxito usando la técnica del *screencasting*. No se ha observado barrera tecnológica alguna en el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que podemos tomar como señal clara de que tanto la geometría digital como las técnicas de *screencasting* son prácticas culturales asimiladas y totalmente normales para los estudiantes.

## Conclusiones

La hipótesis principal en la que sostenemos que la inclusión en el currículo de los softwares de edición de imagen vectorial como instrumentos esenciales para el estudio de las disciplinas plásticas y visuales repercute beneficiosamente en la calidad y pertinencia de estas materias y transversalmente en la adquisición de competencias digitales de los alumnos se ha visto apoyada por los datos recabados en los estudios históricos y contextuales así como en los datos recogidos en la fase experimental. La pertinencia de las destrezas digitales como parte del currículo artístico en la educación secundaria queda cimentada el extensivo uso profesional de las mismas en los sectores de producción de formas e imágenes, en la desaparición del papel como medio en las profesiones centradas en los saberes geométricos como la ingeniería y la arquitectura, y en la creciente relevancia de la imagen y la geometría digital como médium artístico actual. En cuanto a las competencias digitales de los alumnos y su relación con los gráficos vectoriales, hemos llevado a cabo un diseño experimental basado en la instrucción en línea, en la práctica del *screencasting* como metodología heredera de los métodos demostrativos propios de las enseñanzas artísticas, hemos utilizado un programa de edición de gráficos vectoriales abierto - Inkscape- , y hemos elaborado unidades didácticas que recogen objetivos, contenidos y competencias presentes en el actual currículo. Los resultados de la fase experimental nos permiten afirmar que los alumnos están preparados culturalmente para aprovechar estas tecnologías, tanto los medios de instrucción como las técnicas digitales, y que ambas contribuyen positivamente a su alfabetización digital. Concluimos, por lo tanto, que no hay barreras culturales o técnicas a la adopción de los gráficos vectoriales como materia de instrucción en las asignaturas artísticas en la educación secundaria en la Comunidad de Madrid.

## ABSTRACT

### Impact of digital technology on the Visual Arts curriculum in Compulsory Secondary Education

#### Introduction

The present dissertation is written in a cultural moment of reshaping that has its origin in the technological change triggered by the massive use of the internet. In this context, we pay attention to the growing dissonance between the professional field and the institutional curriculum in terms of image production techniques. Focused on the subject of Plastic and Visual Education in Compulsory Secondary Education in the Community of Madrid we dimension variables and try to study the phenomenon to reach conclusions that allow us to develop recommendations.

#### Objectives

##### General Objectives

- Describe the impact of digital technologies on visual arts education in secondary education, both as general means of instruction and in their specific and vehicular use in the specific subjects and levels of the current regulation (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2015).
- Identify the basis of knowledge in the field of digital imaging, focusing on geometric aspects.
- Develop a quantitative study with the participation of active secondary school teachers and their students that allows to characterize the proposals and the methodology of instruction used.

### Specific Objectives

- Propose and evaluate pedagogical materials that integrate the new digital techniques both instructional and instrumental and that adapt constructively to the current situation of the secondary schools of Madrid and its possibilities.
- Identify the causes of the slow adoption in schools of new techniques in the field of drawing, especially geometry.
- Quantify possible cultural and technological barriers as factors that prevent the use of vector graphics as a vehicle tool for drawing and geometry instruction.
- Propose evidence-based policies and changes for the improvement and updating of the curriculum of the subject of Plastic and Visual Education of Compulsory Secondary Education

### State of the art

Chapter 2 of this dissertation addresses the contextualization and the state of the issue around the proposed study topic, the impact of digital technologies on the visual arts curriculum at the ESO. In the first part as a historical summary, we approach the concepts of school reform, digital geometry and educational research around it, as well as the artistic curriculum of the ESO. In the second part, we address the current state of the field of knowledge, pointing out the most important global and local trends that impact the relationship between digital technology and artistic instruction in secondary education.

### Experimental Phase

In the experimental phase of this study, with the collaboration of high school teachers in active service, a didactic proposal was carried out on the use of vector graphics with screencasting as a means of instruction.

The teaching materials used are presented and the experiment carried out in the format of scientific communication is described. The content of this chapter has been accepted for publication in the specialized journal *Research of Learning Technologies*.



## Results

From the data collected, we can confirm that both the definitions of abstract concepts and the skills of use of the tools were successfully transmitted using the screencasting technique. No technological barrier has been observed in the teaching-learning process, which we can take as a clear signal that both digital geometry and screencasting techniques are assimilated and normal cultural practices for students.

## Conclusions

The main hypothesis in which we argue that the inclusion in the curriculum of vector image editing software as essential instruments for the study of plastic and visual disciplines has a beneficial impact on the quality and relevance of these subjects and the acquisition of students' digital skills has been supported by the data collected in historical and contextual studies as well as on the data collected in the experimental phase. The relevance of digital skills as part of the arts curriculum in secondary education is based on their extensive professional use in the sectors of production of shapes and images, in the disappearance of paper as a medium in professions focused on geometric knowledge such as engineering and architecture, and the growing relevance of image and digital geometry as a current artistic medium. As for the digital skills of the students and its relationship with vector graphics, we have carried out an experimental design based on online instruction, in the practice of screencasting as a demonstrative method typical of arts education, we have used an open vector graphics editing program (Inkscape), and we have developed teaching units that collect objectives, content and skills present in the current curriculum. The results of the experimental phase allow us to affirm that students are culturally prepared to take advantage of these technologies, both the means of instruction and digital drawing techniques, and that both contribute positively to their digital literacy. We conclude, therefore, that there are no cultural or technical barriers to the adoption of vector graphics as a matter of instruction in artistic subjects in secondary education in the Community of Madrid.